



Tratamiento de aguas residuales domésticas por métodos naturales: una propuesta para las zonas rurales

Socorro Menchaca Dávila¹ - Rosa María Lozada²

RESUMEN: La disponibilidad del agua está disminuyendo en cantidad y calidad, esto se debe principalmente a las actividades humanas ya que afectan a los ecosistemas conexos al agua. El artículo trata sobre la problemática de contaminación de agua por los usuarios domésticos, y se expone una propuesta para el tratamiento de aguas residuales mediante métodos naturales, misma que es útil para la población que vive en las zonas rurales, donde generalmente no hay drenaje y la problemática se agrava.

ABSTRACT: Water availability is decreasing in quantity and quality, mainly due to human activities as they affect water related ecosystems. The article deals with the issue of water pollution by domestic users, and presents a wastewater treatment proposal by natural methods, which is useful for population living in rural areas, where generally there is no drainage systems and the situation is aggravated.

Introducción

El agua es una molécula conformada por dos elementos, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por medio de un enlace covalente. Sus características físicas y químicas la convierten en un compuesto vital para toda forma de vida conocida en la Tierra. Aun cuando existe un sinfín de estudios relacionados con el agua, en la actualidad no se han comprendido en su totalidad las propiedades de dicho recurso natural. En lo específico, se establece que gracias al agua los ecosistemas conservan las múltiples expresiones de vida de flora y fauna, además de tener una función social fundamental, ya que determina el nivel de bienestar de los seres humanos.

No obstante, la importancia que tiene el agua en cuanto a su disponibilidad en cantidad y calidad suficientes, tanto para todos los sectores de la sociedad, como para conservar los ecosistemas, éste recurso está siendo contaminado

1 Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, email: socorro.menchaca@gmail.com

2 Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, email: rosa.lozada06@gmail.com

por las distintas actividades de los usuarios del agua, es decir, la agricultura, ganadería, acuicultura, doméstica, industrial, de servicios, etc. Contextualizamos aquí dicha problemática en el ámbito de los usuarios domésticos del agua, debido a que tiene una significativa importancia ya que es donde se ubican prácticamente las actividades de todos los seres humanos, mismas que impactan y afectan sensiblemente los servicios ambientales ecosistémicos, por que contaminan los mantos acuíferos y/o los cuerpos de agua naturales superficiales y subterráneos, mediante la descarga de los siguientes factores: las aguas residuales con alto contenido de materia orgánica; las grasas y aceites; los detergentes y jabones; el drenaje, entre otros. Lo anterior, disminuye la disponibilidad del agua para uso humano en cantidad, sino es tratada y reutilizada, lo que resulta ser grave ya que “La demanda mundial del agua es probable que aumente en las próximas décadas. El rápido crecimiento de las poblaciones llevará a un mayor consumo por parte de las personas, granjas, y empresas. Más personas se trasladarán a las ciudades forzando aún más los suministros” (Maddocks, Young & Reig, 2015). En el escenario anterior, tenemos que México en el año 2040 se encontrará entre los países que sufrirán estrés hídrico extremadamente alto, ocupando el lugar 34 de 161 naciones evaluadas en el estudio; además, se pronostica que se enfrentarán altos niveles de escasez de agua que fluctúan entre un 40% a 80%, lo que es significativamente grave, por lo que representa para la sociedad y los ecosistemas, ya que como se ha mencionado anteriormente, éstos requieren del recurso para su funcionamiento natural.

Lo expuesto, muestra la necesidad de desarrollar distintas estrategias que permitan cuidar el recurso hídrico, como puede ser el desarrollo de una cultura local del cuidado del agua, en donde, por ejemplo, se puedan tratar las aguas residuales domésticas para no impactar y afectar al medio ambiente, y también para su reuso. En lo específico, se establece que en el contexto urbano el proceso de la disposición de las aguas residuales inicia en las redes de alcantarillado,

para su conducción a las plantas de tratamiento, donde se realiza un procedimiento de limpieza y desinfección. Uno de los problemas que se detectan es cuando no existe drenaje, ya que el agua utilizada en las casas llega directamente a lagunas, ríos, arroyos, mantos acuíferos subterráneos, entre otros, podemos establecer que lo anterior sucede principalmente en áreas rurales.

Según las estadísticas oficiales de México, el sistema de saneamiento sólo contempla la red de alcantarillado y, generalmente las aguas residuales se vierten directamente a los cuerpos de agua naturales. Al respecto se señala, que si bien en el estado de Veracruz, existen 101 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (CONAGUA, 2014), no se conoce realmente, cuales son los niveles de calidad del recurso hídrico, después de ser tratado, es decir, no hay estrategias gubernamentales que permitan evaluar la calidad después del tratamiento; y también, se desconoce en términos generales, cuales son las cantidades de aguas residuales urbanas tratadas para su reuso en las distintas actividades humanas. Se señala que, como política gubernamental la calidad de agua se establece mediante los índices de demanda bioquímica de oxígeno a cinco días; demanda química de oxígeno; y sólidos suspendidos totales (CONAGUA, 2015); dejando sin evaluar, otros químicos y materiales pesados, mismos que pueden afectar la salud de los seres humanos.

En adición a lo anterior, se menciona que sólo un poco más de la tercera parte de la población rural cuenta con una red de recolección y desalojo de aguas residuales, pero no necesariamente con un sistema de tratamiento. De acuerdo con datos de CONAGUA, citado por Marín (2013), en 2009 las descargas residuales municipales se calcularon en 7.49 km³ anuales, de las cuales sólo se trataban 2.78 km³ por año. Lo anterior, significa que sólo se trata el 37.1% de las aguas residuales municipales (CONAGUA, 2011). Cabe mencionar que, en el contexto urbano de México, los métodos de tratamiento que predominan son los lodos activados y las lagunas de estabilización, “Para el

área rural no se cuenta con información precisa sobre cuál es el volumen de agua residual generada y cuánta de ésta se somete a algún tipo de tratamiento” (Marín, 2013).

Respecto a lo anterior, se estima que cerca de 17.5 millones de habitantes de las zonas rurales mexicanas no cuentan con alcantarillado y aún menos con algún tipo de tratamiento para el agua residual generada. Se señala que, “Se ha defendido la idea que uno de los factores que propicia esta situación es la alta dispersión geográfica de las poblaciones rurales. Además, de la falta de sistemas de evacuación de excretas, se suma también la falta de suministros adecuados de agua, así como el bajo nivel económico de la población rural” (Colli, 2000).

Por lo anterior, se establece que en el contexto rural no ha sido suficiente el tratamiento de las aguas residuales, lo que implica algunas consideraciones:

1. Debido a que generalmente las zonas rurales en México, no tienen drenaje y que se ubican en la cuenca alta y/o media, se establece que el problema de la contaminación por aguas residuales domésticas, inicia en esta área territorial. Lo anterior, establece una condición específica de riesgo, ya que en ocasiones, la población que vive en dichas zonas, consume directamente agua de las fuentes naturales, sin ningún procedimiento de desinfección previo, lo que establece condiciones de vulnerabilidad para la población en cuanto a la salud, afectando su bienestar (Menchaca, Alvarado, Zapata & Uscanga, 2014); además, de que también se impactan y afectan a los servicios ambientales de los ecosistemas.
2. No hay estrategias específicas para cuidar los mantos acuíferos y/o cuerpos de agua en el contexto rural, es decir, en poblaciones no urbanas, cuestión que establece la necesidad de desarrollar mecanismos de gestión dirigidos a establecer una cultura local del cuidado del agua, mediante el tratamiento de aguas residuales, por procedimientos naturales, los que no impactan, ni afectan al medio ambiente. Además, la infraestruc-

tura es mínima en relación a la que se usa tradicionalmente en el contexto urbano, como son las redes drenaje, y las plantas de tratamiento de aguas residuales.

El propósito del presente artículo es brindar información sobre la problemática ubicada en la importancia que tiene el tratamiento de aguas residuales domésticas, mediante procedimientos naturales, mismos que ayudan al funcionamiento de los servicios ambientales ecosistémicos. Cabe señalar, que esta propuesta para el tratamiento de aguas domésticas, está dirigida principalmente a las zonas rurales ubicadas en ecosistemas de bosques de niebla o bosque mesófilo de montaña, entre otros.

II. Propuesta para el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante métodos naturales

Como se estableció anteriormente, es necesario buscar, diseñar y desarrollar tratamientos naturales para resolver problemas de contaminación de agua provocada por las descargas de aguas residuales domésticas. Osorio (2003), hace énfasis en que éstos son “sencillos, seguros, económicos en la inversión inicial y en los costos de operación y mantenimiento (requieren de una vigilancia mínima), operación eficaz ante un amplio rango de caudales y cargas que permiten el aprovechamiento de materiales locales, además de producir un efluente con la calidad deseada”. Cabe señalar, que en el municipio de Coatepec en una zona rural que integra cinco colonias, se está trabajando en la divulgación e implementación de métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico. A continuación, se expone la definición de estos métodos y sus ventajas; así como el desarrollo de tres propuestas, su funcionamiento y los materiales que pueden usarse para su construcción.

1. Métodos naturales para tratar aguas residuales domésticas: definición y ventajas

Los tratamientos naturales de aguas residuales

domésticas son tecnologías para la depuración de aguas residuales que han ganado terreno en comparación a los sistemas convencionales, especialmente en áreas rurales, ya que “ahora se trata de adaptarse a la naturaleza utilizando el suelo, los vegetales, la climatología y las aguas para depurar, tratar, mejorar, utilizar y reciclar esas mismas aguas de baja calidad” (Calvo, 1995).

En este sentido, diferentes académicos han definido estas tecnologías con base en sus características principales y los componentes naturales que usan para tratar el agua. A continuación, se presentan tres definiciones de los sistemas naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas:

La denominación de métodos de depuración natural, “engloban aquellos procedimientos en los que el tratamiento principal es proporcionado por componentes del medio natural” (Instituto Geológico y Minero de España, 1995), es decir, al descargar aguas residuales o cualquier otro tipo de contaminante al medio ambiente, éste utilizará los elementos que lo conforman, como son el agua, el suelo, las plantas o los microorganismos, para depurar el agua y que ésta regrese a su estado de normalidad.

Estas tecnologías naturales para el tratamiento de aguas residuales “utilizan procesos de auto-tratamiento modificados que tienen lugar en el suelo, agua y en humedales” (Rozkosný, Kriska, Sálek, Bodík & Istenic, 2014). Como ejemplo, tenemos los filtros de arena o anaerobios, los cuales simulan las condiciones naturales del suelo, donde los microorganismos juegan un papel importante en la eliminación de contaminantes.

Por último, se define a los tratamientos por métodos naturales como: la acción de la vegetación, el suelo y los microorganismos, donde estos factores son los encargados de la depuración de las aguas residuales (Universidad Técnica Particular de Loja, 2010). Un ejemplo claro, es el método conocido bajo el concepto de entramado de raíces, en donde el suelo, las plantas y los microorganismos fijados a las raíces de las plantas, forman parte de un sistema donde las aguas residuales son depuradas.

Las ventajas de usar métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas son: la implementación de tecnología relativamente sencilla, costos de operación y de inversión bajos, poco consumo de energía, el proceso de tratamiento puede adecuarse rápidamente, así como alcanzar una buena calidad de desempeño después de iniciadas las operaciones y la alta remoción de nutrientes (Rozkosný et al., 2014).

2. Propuesta de los sistemas naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas

En este apartado se describen las características principales de los sistemas naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas, el tipo de descargas residuales domésticas que se pueden tratar, así como los materiales que pueden usarse para la construcción y los esquemas representativos de cada uno de éstos, entre otros aspectos.

a) Filtro anaerobio

Este método de tratamiento para aguas residuales domésticas, consiste en el uso de microorganismos anaerobios, los cuales no utilizan oxígeno para llevar a cabo sus procesos. Dentro del filtro, éstos se adhieren a un material inerte (no vivo), que en este caso puede ser: grava, piedras, block triturado o plástico, lo que permite la eliminación de diferentes contaminantes, como sólidos sedimentables o disueltos. Este tratamiento está enfocado al manejo de aguas grises, es decir, aquellas que provienen de lavabos, cocina, lavado de ropa, y que no involucran las descargas de baños.

En cuanto a sus características generales, la tubería de salida de las aguas grises se conduce al fondo de un tanque en donde se ubica el filtro anaerobio, cabe señalar que dicho tanque se construye afuera de la vivienda. Al entrar las aguas grises para su tratamiento, éstas fluyen en sentido ascendente, poniéndose en contacto con el medio sobre el que se desarrollan y fijan los microorganismos anaerobios (Metcalf

& Eddy, 1994). Al tratarse de un filtro donde el agua asciende, el riesgo por taponamiento es mínimo (Navarro, 2008), facilitando así su mantenimiento. Gracias al filtro anaerobio es posible eliminar la mayor parte de la materia orgánica y del nitrógeno que contienen las aguas provenientes de los hogares (ver figura 1).

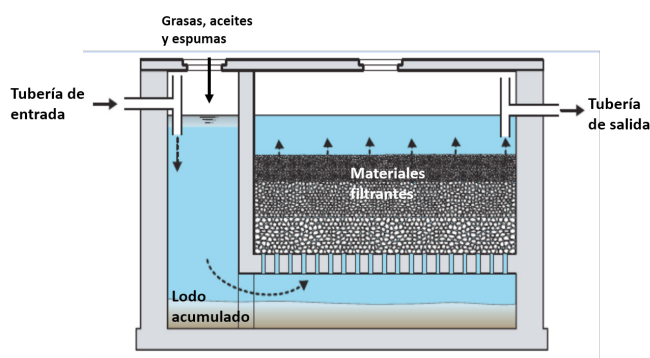


Figura 1. Sección esquemática de un filtro anaerobio. En Greywater Management (p. 28), por Morel & Diener, 2006, Dübendorf, Suiza.

Para la construcción de un filtro anaerobio, se requiere de concreto, ladrillos o material plástico para el tanque, donde se realizará el proceso de depuración de las aguas grises, por ejemplo, en barriles de 220 litros, los cuales son sencillos de conseguir y económicos (ver figura 2). La profundidad recomendada para el filtro debe ser mayor o igual a un metro de altura. Es recomendable que contenga dos a tres capas de material filtrante (grava, piedras y/o block triturado, por ejemplo). Los materiales más gruesos, como la grava, deben ubicarse en la parte inferior y se debe disminuir el tamaño de dichos materiales conforme se acercan a la capa superior. El tamaño de los materiales filtrantes varía entre 12 a 50 milímetros (Morel & Diener, 2006). La construcción de un filtro anaerobio, se realiza sobre el suelo y debe tener fácil acceso para realizar las operaciones de mantenimiento, como remover la capa de microorganismos que se forma en el material filtrante cuando ésta sea gruesa, ya que se van adhiriendo los microorganismos anaerobios, es decir, los contaminantes de las aguas grises (véase a Morel, A., & Diener, S., 2006).



Figura 2. Sistema implementado en Jordania, dos tanques de 220 litros, rellenos con grava actúan como filtros anaerobios, dispuestos en medio de un tanque de sedimentación y un tanque para almacenamiento. En Greywater Management (p. 28), por Morel & Diener, 2006, Dübendorf, Suiza.

b) Entramado de raíces

Este método natural, como su nombre lo indica, consiste en la depuración de las aguas residuales domésticas mediante el contacto con los microorganismos adheridos a las raíces de plantas como tule, carrizo o espadaña; así como la acción de filtrado de la gravilla o arena donde se encuentran sembradas éstas plantas. El entramado de raíces también puede encontrarse bajo el nombre de humedal horizontal de flujo sub-superficial (Baskar, Deeptha, & Abdul Rahaman, 2009; Morel & Diener, 2006). Este método natural se adapta a las aguas grises. Otra de las ventajas de los entramados de raíces, es su fácil integración al paisaje natural y también proporcionan un hábitat a diversas especies, como pueden ser ranas, insectos, aves, entre otros (ver figura 3). Este método funciona sin energía eléctrica, la construcción resulta relativamente sencilla y los costos de operación son bajos (Rozkosný et al., 2014). Además, tienen un tiempo de vida de aproximadamente veinte años. Se implementan frecuentemente en situaciones donde el agua tratada se reutiliza para el riego o el reuso en actividades domésticas. Gracias al entramado de raíces, la materia orgánica y sólidos suspendidos son removidos por filtración (Morel & Diener, 2006).



Figura 3. Entramado de raíces para tratamiento de aguas residuales. En "What's a root zone waste water treatment" por S. Sharma, 2016, <http://www.ecoideaz.com/innovative-green-ideas/whats-a-root-zone-waste-water-treatment>.

Para construir un entramado de raíces, primero debe excavarse una zanja en la tierra que no sobrepase una profundidad de un metro de altura. Se debe considerar el número de habitantes en la vivienda, ya que el área a ocupar puede ser de uno a tres metros cuadrados por persona. Posteriormente, el lecho - que es donde se asienta la estructura -, se recubre con material impermeable (típicamente arcilla, concreto o material plástico), y es rellenado con arena o grava (Morel & Diener, 2006). En el caso de la grava, el tamaño óptimo es de 20 a 30 milímetros. Las plantas que pueden usarse para este tratamiento deben tolerar ambientes húmedos, como es el caso del tule (*Schoenoplectus spp.*), carrizo (*Phragmites spp.*) o la espadaña (*Typha spp.*) (ver figura 4).



Figura 4. A la izquierda: Tule (*Schoenoplectus spp.*); al centro: carrizo (*Phragmites spp.*); a la derecha: espadaña (*Typha spp.*). En "Plantas y organismos biorremediadores" por F. de Palma, s.f., <https://riopesqueria.wordpress.com/mapa-del-rio-y-ubicacion-de-los-lugares-para-el-monitoreo/plantas-y-organismos-biorremediadores/>

c) Tanque séptico

El método de tratamiento denominado como tanque séptico, consiste en una estructura con dos o más cámaras o compartimientos; al respecto se señala que, la mayoría de los expertos coinciden en que dos compartimientos remueven más sólidos (Morel & Diener, 2006). En dichos compartimientos se remueven los contaminantes de las aguas residuales domésticas por métodos físicos, de sedimentación y decantación, y químicos, esto se desarrolla mediante un proceso anaerobio, donde los contaminantes son descompuestos en un ambiente libre de oxígeno. En el primer compartimiento, el agua conectada directamente a la descarga de los baños es dirigida a la cámara o compartimiento inicial para sedimentar y decantar los residuos de carácter humano y/o antrópico, y almacenar la mayor parte de lodo formado. La sedimentación sucede cuando las partículas más pesadas, como cabellos o residuos de papel, descienden hasta el fondo del tanque y se acumulan formando una capa de lodo. En cambio, la decantación sucede cuando las sustancias de menor densidad al agua, ascienden a la superficie; estas sustancias pueden ser las grasas, aceites o la espuma de detergentes. En el segundo compartimiento, se separan totalmente los residuos antrópicos, las grasas, aceites y espumas restantes por los mismos principios de sedimentación y decantación, y se proporciona almacenamiento del lodo adicional (Metcalf & Eddy, 1994) (ver figura 5). De esta manera, dentro del tanque séptico se tratan las aguas negras, que son las que provienen de las descargas de baños. La ventaja de este método es que puede adaptarse a las condiciones y necesidades de las viviendas; no requiere del uso de energía; tanto la construcción como el mantenimiento son de bajo costo; requiere de un área reducida de superficie para la construcción o instalación; además, una ventilación adecuada evita la generación de malos olores (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Además, el tanque séptico puede construirse de acuerdo a las descargas de aguas negras generadas por las viviendas o se puede comprar

un tanque prefabricado, normalmente éstos son de plástico reforzado con fibra de vidrio o poliéster. Para la construcción de este método se debe excavar en la tierra como mínimo un metro de profundidad, sin embargo, Crites & Tchobanoglous (2000), recomiendan que el tanque sea de un metro y medio; y que sea construido con concreto reforzado o ladrillos. El primer compartimiento del tanque séptico siempre debe ser mayor al segundo para que gran parte de los sólidos antrópicos sean retenidos. Cabe señalar, que para asegurar un funcionamiento adecuado, la materia acumulada - lodos -, deben ser removidos cuando exceden el 30% del volumen del tanque y se recomienda que se realice cada 2 a 5 años (Morel & Diener, 2006). Actualmente, existen tablas donde se indica el área y la profundidad del tanque, dependiendo del número de personas (ver tabla 1).

Recomendaciones

Como se estableció al inicio del presente artículo, el agua es un recurso fundamental para todos los organismos vivos en la Tierra, incluyendo al ser humano, por lo que es importante cuidar el funcionamiento de los ecosistemas y no afectar sus servicios ambientales, lo que conlleva en si mismo, al bienestar humano y

su salud. Además, también se señaló que en las áreas rurales, la disposición de las aguas residuales domésticas es una problemática compleja, ya que no existen redes de drenaje que las conduzcan hacia una planta de tratamiento, donde las aguas residuales sean depuradas y devueltas a los lagos, ríos u océanos, sin dañar el equilibrio natural de éstos. Es por ello, que la implementación de tratamientos naturales para las aguas residuales domésticas en el contexto rural, ayudará a cuidar la disponibilidad del agua en calidad y cantidad.

Los tratamientos de aguas residuales domésti-

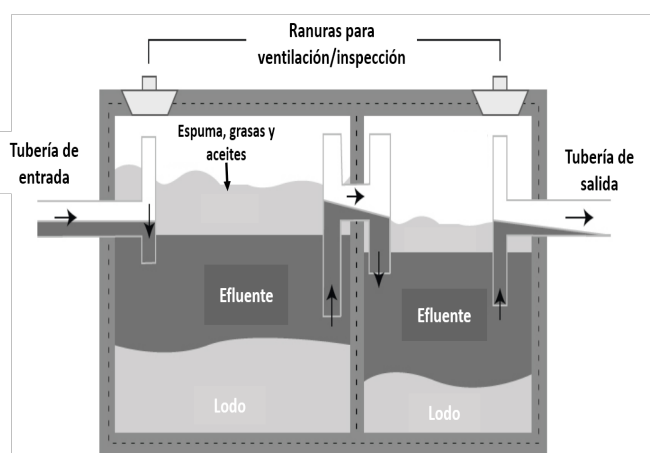


Figura 5. Tanque séptico de dos compartimientos. En "Septic system services" por APS Environmental, 2014, <http://apsenvironmental.com/residential/septic-system-services>

Tabla 1. Medidas requeridas dependiendo del número de usuarios. En Pasos para construir tu propia fosa séptica (p. 7) por S.E. Carballo & M.C. Sarmiento, 1999, Quintana Roo, México.							
# usuarios	SEDIMENTADOR			DECANTADOR			POZO
	Largo (m)	Ancho (m)	Hondo (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Hondo (m)	Hondo (m)
4	1.60	1.00	0.90	0.50	0.60	0.70	*
5	1.70	1.10	1.00	0.70	0.60	0.70	*
6	1.80	1.20	1.10	0.60	0.70	0.60	*
7	1.90	1.20	1.10	0.70	0.70	0.70	*
8	2.00	1.25	1.20	0.70	0.70	0.80	*
9	2.10	1.30	1.25	0.80	0.70	0.90	*
10	2.20	1.40	1.30	0.90	0.90	0.90	*

* La profundidad la determinará el mismo suelo, es hasta donde empiece a brotar el agua

cas por métodos naturales se presentan como una buena opción para las áreas rurales, debido a que su implementación tiene ventajas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes: el desarrollo de los métodos naturales es sencillo y de bajo costo, además, es posible utilizar materiales locales o reciclados; se adaptan a las condiciones y necesidades de la población; no gastan energía eléctrica y tampoco usan sustancias químicas para su funcionamiento; el agua tratada puede utilizarse para el riego de jardines, el lavado de autos, la limpieza de los hogares, entre otras actividades. Se señala también que, algunos de los tratamientos pueden integrarse al paisaje natural, como el entramado de raíces; además, se pueden obtener productos, como plantas ornamentales o implementar para cultivos de hidroponía de ciertos vegetales para consumo familiar. El tratamiento natural de aguas residuales, remueve nutrientes, como nitrógeno y fósforo, que son causantes de la eutrofización de los cuerpos naturales de agua.

Como se ha mencionado, los tratamientos de aguas residuales domésticas por métodos naturales, remueven la mayor parte de los contaminantes a través de la acción de los componentes naturales, lo que permite obtener agua con calidad suficiente para utilizarse nuevamente en las actividades diarias de la vivienda, excepto para el consumo humano. La reutilización de las aguas residuales domésticas, también tienen la bondad de no aumentar la presión ejercida sobre los recursos hídricos, cuestión que es fundamental, ya que los distintos usuarios del agua han incrementado la demanda considerablemente en las últimas décadas. Se considera que desarrollar estrategias como la expuesta aquí, es trabajar por una cultura de bienestar y paz social.

Referencias

Baskar, G., Deeptha, V. T., & Abdul Rahaman, A. (2009). Root zone technology for campus waste water treatment. *Journal of Environmental Research and Development*, 3(3), 11.

Calvo, M. S. (1995). *Aguas residuales urbanas: Tratamien-*

tos naturales de bajo costo y aprovechamiento (Segunda). Madrid: Mundi-Prensa. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=196751>

Colli, J. (2000). *Paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales. Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. (Vol. 2). Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

CONAGUA. (2011). *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. México: CONAGUA-SEMARNAT.

CONAGUA. (2014). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*. México: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2015). *Estadísticas del agua en México, edición 2015*. México: CONAGUA-SEMARNAT.

Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.

Instituto Geológico y Minero de España. (1995). *Nuevas tecnologías para el saneamiento, depuración y reutilización de las aguas residuales en la provincia de Alicante*. Instituto Geológico y Minero de España.

Maddocks, A., Young, R. S., & Reig, P. (2015). Ranking the world's most water-stressed countries in 2040. Recuperado a partir de <http://www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world%E2%80%99s-most-water-stressed-countries-2040>

Marín, J. (2013). Reseña: métodos de tratamiento del agua residual doméstica en Japón. *Observatorio de la Economía y la Sociedad del Japón*, 5(16), 8.

Menchaca, M. S., Alvarado, E. L., Zapata, K., & Uscanga, L. A. (2014). Antropización de los servicios ambientales, amenaza por contaminación del agua y vulnerabilidad en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. Presentado en Congreso Internacional de Investigación en Ciencias y Sustentabilidad, Veracruz: Academia Journals.

Metcalf, & Eddy. (1994). *Ingeniería sanitaria tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales* (Tercera). Colombia: Grupo Editor Quinto.

Morel, A., & Diener, S. (2006). *Greywater management in low and middle-income countries, review of different treatment systems for household or neighbourhoods*. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.

Navarro, J. D. (2008). *Diseño, construcción y evaluación de*

filtros anaerobios de flujo ascendente para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la lavandería y del casino en el campamento Payoa de Petrosantander (Colombia), Inc. Universidad Industrial de Santander, Santander.

Osorio, P. (2003). Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas empleados por la CVC en el sector rural del departamento del Valle del Cauca- Colombia (pp. 162-168). Presentado en Seminario Internacional sobre métodos naturales para tratamiento de aguas residuales, Cartagena.

Rozkosný, M., Kriska, M., Sálek, J., Bodík, I., & Istenic, D. (2014). *Natural technologies of wastewater treatment*. Global Water Partnership.

Universidad Técnica Particular de Loja. (2010). *Guía para la selección de tecnologías de depuración de aguas residuales por métodos naturales*. Loja: UTPL.