



Tecnologías apropiadas para el aprovechamiento del agua en proyectos de cooperación al desarrollo

Autor: Máximo María García Belló

Institución: Universidad de Murcia

Otros autores: Asunción M^a Hidalgo Montesinos (Universidad de Murcia); María Gómez Gómez (Universidad de Murcia / Ingeniería sin Fronteras); Juan Carlos Contreras (Asociación para la Promoción y el desarrollo de la Comunidad "CEIBA"); María Dolores Murcia Almagro (Universidad de Murcia)

Resumen

Los problemas ocasionados por la escasez del agua y su inadecuada gestión han provocado importantes conflictos y fuertes desequilibrios entre los países desarrollados o industrializados frente a aquellos que están en vías de desarrollo y que carecen de medios para hacer frente a épocas de sequías, dificultad de acceso al agua potable, falta de sistemas de saneamiento, etc. Se estima que alrededor del 21,8% de los habitantes del planeta no tiene acceso a agua potable y cerca de un tercio carece de servicios de saneamiento.

Los proyectos de cooperación basados en estrategias que ayuden al desarrollo de poblaciones más desfavorecidas, se centran en la búsqueda de soluciones a los distintos problemas comunitarios. En particular, aquellos proyectos cuyo eje central es el agua, suelen estar orientados a la potabilización, saneamiento, reciclaje y purificación.

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

1. Estudiar la problemática de las desigualdades Norte/Sur en el acceso al abastecimiento de agua y a los sistemas de saneamiento.
2. Profundizar en el concepto de tecnologías apropiadas en proyectos de cooperación.
3. Dar una visión general del Proyecto 'Desarrollo de tecnologías alternativas, ecológicas y artesanales para el máximo aprovechamiento de agua doméstica, cocina solar y reciclaje de papel en Guatemala', que sirve de base a este trabajo y en el cual ha participado la Universidad de Murcia.
4. Realizar un estudio de las tecnologías apropiadas para la purificación y aprovechamiento del agua, principalmente:
 - i. El uso de filtros artesanales para la obtención de agua potable.
 - ii. Purificación biológica mediante el uso de biofiltros.
 - iii. Sistemas de almacenamiento y posterior uso del agua doméstica (aguas grises)
5. Llevar a cabo una recopilación de experiencias previas sobre cada una de las tecnologías apropiadas anteriormente comentadas, para conocer los resultados obtenidos y hacernos una idea de su eficacia, fiabilidad y grado de acogida.
6. Comentar las principales acciones llevadas a cabo en la zona de Huehuetenango, Guatemala, en el marco del proyecto de cooperación anteriormente citado.

Palabras claves: purificación biológica; aprovechamiento de agua; tecnologías apropiadas; proyectos de cooperación

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas ocasionados por la escasez del agua y su inadecuada gestión han provocado importantes conflictos, como son las disputas a nivel político sobre trasvases, propiedad del agua, desalinizadoras o derechos de consumo. Unido a este problema se encuentra el incesante crecimiento poblacional que provoca incrementos en su consumo por lo que la falta de este recurso vital podría estar aumentando de manera exponencial. Esta situación, está dando lugar a fuertes desequilibrios entre los países desarrollados o industrializados frente a aquellos que están en vías de desarrollo y que carecen de medios para hacer frente a épocas de sequías, dificultad de acceso al agua potable, falta de sistemas de saneamiento, etc. (1). En la Figura 1 se muestra la distribución de la población con acceso a agua potable disponible en el planeta.

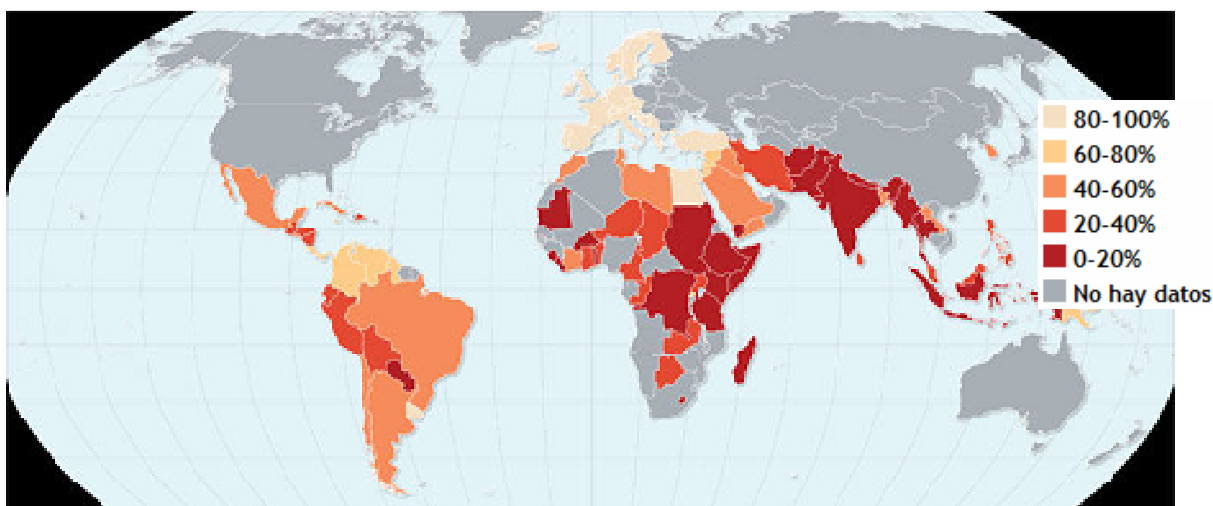


Figura 1. Fracción de la población con acceso a agua potable apta para el consumo

Del total de los 7.000 millones de habitantes del planeta, el 21,8% no tiene acceso a agua potable y cerca de un tercio carece de servicios de saneamiento. Gran parte de la superficie de la Tierra es agua, pero sólo el 3% de ésta es apta para el consumo. El Banco Mundial prevé que las guerras del siglo XXI se librarán por el control del agua. Naciones Unidas ha identificado unas 300 zonas en el mundo, con 3.000 millones de habitantes, que serán escenario de conflictos por el agua en años futuros, siendo, obviamente, los países en vías de desarrollo los más perjudicados al tener menor capacidad de hacer frente a dicha crisis del agua (2).

Hasta ahora, los proyectos de cooperación basados en elaborar estrategias que ayuden al desarrollo de poblaciones más desfavorecidas y que tengan la capacidad de ser autosuficientes, se centran en la búsqueda de soluciones a los distintos problemas comunitarios. En particular, aquellos proyectos cuyo eje central es el agua, suelen estar orientados a la potabilización, saneamiento, reciclaje y purificación.

El proyecto que sirve de base a este trabajo lleva por título “Desarrollo de tecnologías alternativas, ecológicas y artesanales para el máximo aprovechamiento de agua doméstica, cocina solar y reciclaje de papel, en Guatemala”, ha sido llevado a cabo por la Asociación para la Promoción y el Desarrollo de la Comunidad, CEIBA, en colaboración con Ingeniería Sin Fronteras Murcia y con la Universidad de Murcia, se ha desarrollado en la región de Huehuetenango (Guatemala) y se centra en acciones de reciclaje y purificación del agua.

Las acciones del proyecto están encaminadas a la consecución de los siguientes objetivos:

a) Con el reciclaje del agua para la agricultura se contribuirá a habilitar áreas productivas agropecuarias domésticas en la época seca, cuando la mayoría de terrenos sean improductivos, con lo cual se contribuirá a reducir problemas de hambre. Las tecnologías a utilizar para esta línea de trabajo serán los filtros artesanales y los neumáticos reciclados para almacenamiento.

b) Mediante la purificación del agua se pretende contribuir a reducir la mortalidad infantil y la proliferación de enfermedades gastrointestinales en el área rural guatemalteca, causadas principalmente por el consumo de agua con diferentes grados de contaminación, Para ello, se pretende utilizar filtros potabilizadores artesanales con plata coloidal, que mejoran la calidad del agua para su uso posterior (3). Además, se pretende realizar tratamientos de bajo coste mediante la utilización de plantas que sirven para purificar pequeños estanques de agua con la finalidad de acondicionarla y reutilizarla.

2. ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS

Dada la importancia de implementar medidas de ahorro y purificación de agua se han desarrollado 3 estrategias principales para llevar a cabo los objetivos propuestos.

2.1. Filtros potabilizadores artesanales para la purificación del agua doméstica

La filtración es un proceso utilizado para la limpieza mecánica de distintos fluidos y se define como la separación de una mezcla de sólidos en un fluido mediante el paso de todo el fluido a través de un medio poroso que retiene la mayor parte de las partículas sólidas contenidas en la mezcla (4).

Para el caso de la filtración en las regiones rurales de Guatemala destaca el sistema desarrollado por “Ceramistas por la Paz” denominado FILTRÓN. La finalidad es obtener una vasija a partir de un molde compuesto por un 50% de arcilla, 40% de serrín y 10% de agua, consiguiendo una tasa de filtración de entre 1 y 3 l/h e incorporando una impregnación de plata coloidal por todas las caras de la vasija. Dicha plata coloidal resulta ser un excelente agente antimicrobiano, es decir, elimina (destruye por completo la capacidad de acción de las bacterias y a ellas íntegramente) o inhibe (disminuye en un alto nivel la capacidad de actuación de los agentes patógenos) la presencia de una amplia gama de microorganismos patógenos (bacterias, virus, hongos, gérmenes, parásitos patógenos etc.) al entrar en contacto con ellos. En la Figura 2 se muestra un ejemplo del Filtrón.



Figura 2. Filtrón

Teniendo en cuenta que este sistema puede proporcionar agua durante una vida media de 3 ó 4 años por vasija, es conveniente comprobar mediante inspección periódica de la vasija cualquier tipo de rotura o grieta que pueda haber dañado el filtro.

Entre los principales beneficios del uso de filtros caseros artesanales, cabe destacar que son fáciles de usar, su larga durabilidad, su relativo bajo coste debido a la producción local del filtro y su probada reducción bacteriana y de protozoos. Como inconvenientes se encuentran la falta de estudios sobre impactos sobre la salud, la necesidad de formar a los usuarios para realizar un correcto mantenimiento de los filtros, así como que los flujos de filtrado sean algo lentos (1 ó 2 litros por hora).

2.2. Medios biológicos para la purificación de aguas grises

La presencia de metales pesados como contaminantes naturales en agua subterránea utilizada para bebida humana y animal es un problema que afecta a extensas regiones de Latinoamérica, e involucra a distintos países. Se estima que en América Latina por lo menos cuatro millones de personas están expuestas a elevadas concentraciones de metales, como el arsénico, a través del agua de bebida; la población rural dispersa es la más afectada por este problema por la falta de acceso a fuentes.

Se han desarrollado diversos métodos para la extracción de metales traza del agua. La eficiencia de dicha extracción va a variar según la metodología utilizada y el elemento a extraer, de tal forma que la aplicación práctica de alguno de estos métodos puede ser muy costosa si deben tratarse grandes volúmenes de agua, si la concentración de elemento es baja o si se requiere de un alto porcentaje de extracción. De esta manera durante las últimas dos décadas se han desarrollado fitotecnologías para la eliminación de metales traza del agua, utilizando macrófitas flotantes y enraizadas.

Las fitotecnologías son una alternativa efectiva para la remediación de cuerpos de agua contaminados tanto por elementos orgánicos como inorgánicos, presentes en sustratos sólidos, líquidos o en el aire. Las macrófitas acuáticas se han utilizado en las últimas décadas para la eliminación de metales pesados, compitiendo con otros tratamientos. El principal mecanismo de extracción de metales es la adsorción por las raíces (5).

2.3. Almacenamiento del agua

Una de las claves para el ahorro de agua en el hogar es a partir de ciertos sistemas de almacenamiento que permitan albergar grandes cantidades de agua para usos domésticos posteriores. En estos casos es muy importante tener en cuenta la eficiencia en la impermeabilidad, facilidad de construcción, así como el costo. La metodología utilizada debe asegurar un 100% de alcance de la impermeabilidad.

En este caso, el objetivo principal es la recolección de aguas domiciliarias o aguas grises para un posterior uso a nivel doméstico, no así para consumo. Hay que tener especial atención con los materiales utilizados para el almacenamiento ya que el agua que llega presenta ciertos niveles de contaminación (detergentes, jabones, lejías, restos orgánicos...) por lo que su almacenamiento requerirá unos requisitos mínimos para evitar la proliferación de agentes patógenos que pueda derivar en contagio de enfermedades por su posterior manipulación. Por lo tanto un almacenamiento de agua seguro abarca la utilización de recipientes y contenedores limpios y cubiertos así como la adopción de comportamientos de higiene apropiados que prevengan la contaminación en cualquier etapa de recogida, transporte y almacenamiento del agua en el hogar (6).

Una alternativa tecnológica eficaz en el almacenamiento de agua es el uso de llantas o neumáticos apilados. Muchas de las comunidades rurales y urbanas, actualmente padecen la falta de agua para diferentes servicios básicos a nivel doméstico; con esta tecnología se ofrece también una oportunidad de habilitar áreas de terreno para el cultivo en la época seca, cuando las comunidades no cultivan alimentos por la falta de agua. Los tanques de almacenamiento en el mercado local, están fabricados de derivados de petróleo, y los precios son muy altos como para ser accesibles a las familias rurales donde el desempleo formal es mayor del 85% de población, es decir, los ingresos económicos familiares son escasos. En este sentido, la tecnología del reciclaje de llantas para construir tanques de almacenamiento, es una muy buena alternativa que además conlleva mejoras del medio ambiente, pues los desechos de estos materiales son extremadamente complejos de gestionar para los ayuntamientos y administraciones municipales en Guatemala (7).

3. EXPERIENCIAS PREVIAS

Se ha consultado la bibliografía en relación a los diferentes proyectos llevados a cabo en diversos países, en materia de purificación de aguas y reutilización y almacenaje para uso doméstico, analizando los objetivos esperados y resultados obtenidos (8-16). Dichos estudios y trabajos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de experiencias previas en la utilización de tecnologías apropiadas

TECNOLOGÍA A DESARROLLAR	País de realización	Objetivo	Conclusiones
Filtros artesanales potabilizadores de bajo coste	Reino Unido	Fabricación de filtros artesanales capaces de abastecer de agua potable a poblaciones con escasos recursos, principalmente mediante el uso de una mezcla de arcilla y residuos de cultivos.	Se consigue una alta eficacia en la eliminación de organismos patógenos gracias a la descomposición de los residuos de cultivos al elevarlos a altas temperaturas.
	Cuba	Método de almacenamiento domiciliar de agua potable mediante la fabricación de filtros de arcilla y posterior mejoramiento del sistema por impregnación de las paredes con plata coloidal.	Se consigue mejoras en la calidad del agua de consumo humano, descenso del índice de enfermedades de origen hídrico, así como la aceptación por la población ya que el agua filtrada no tiene alteración en su sabor.
	México	Desarrollo de filtros artesanales potabilizadores mediante dos principales etapas de actuación. Una primera filtración gruesa en gravas como pretratamiento y la filtración lenta en arena como tratamiento principal.	En la etapa de filtración gruesa se eliminan los sólidos finos que han pasado y no se han acumulado en la sedimentación, mientras que en la siguiente etapa de filtración lenta se consigue eliminar hasta el 99,9% de agentes patógenos.
Purificación de aguas grises mediante el uso de especies vegetales	Venezuela	Se pretende eliminar Cr (VI) mediante la asimilación por las especies <i>Canna índica</i> y <i>Canna glauca</i> , plantas tropicales adaptables al medio acuático, para la extracción de estas sustancias.	Existen ciertos problemas para la asimilación de Cr (VI). Se determinó que la eliminación de cromo es más rápida para un mayor número de plantas por unidad de área, y a menor altura de líquido.

	Argentina	Investigación de la adsorción de metales pesados como As, Cd, Ni o Pb con 3 especies: <i>Spirodela intermedia</i> , <i>Lemna minor</i> y <i>Pistia stratiotes</i> .	Alta capacidad de eliminación de metales pesados excepto en el caso de As. Necesidad de mayor experimentación.
	España	Descontaminación de aguas procedentes de acciones mineras que presentan altas cargas de metales pesados, en particular As y Zn, mediante la creación de una planta piloto experimental.	La especie <i>Typha angustifolia</i> desempeña un importante papel en la eliminación de los metales pesados, siendo incluso más efectiva la eliminación de Zn que de As.
Almacenaje y reutilización de agua domiciliar	Guatemala	Se pretende dotar de las especificaciones necesarias para reducir el consumo de agua potable a través de la reutilización de las aguas residuales domésticas mediante el uso de depósitos de almacenamiento dotados con trampas de grasas.	Sistema eficaz para la disminución del uso de agua doméstica. Necesidad de formar a la población en estas prácticas de ahorro.
	México	Diseño de un sistema de limpieza de aguas grises para una posterior reutilización mediante tres etapas: inyección de aire para generar espuma, uso de cal y precipitación con dióxido de carbono.	Con este procedimiento se obtiene una agua no potable, pero perfectamente utilizable para otros usos domésticos, eliminando olores y turbidez.
	Jordania	Fabricación de un sistema de depósito adecuado para almacenar aguas domésticas que posibiliten su posterior uso para el WC y la huerta.	Sistema eficaz con el que se consigue ahorrar hasta un 40% del agua para consumo humano gracias a la colaboración de las ONG, así como una rápida aceptabilidad por parte de la población.

4. APLICACIÓN AL PROYECTO “Desarrollo de tecnologías alternativas, ecológicas y artesanales para el máximo aprovechamiento de agua doméstica, cocina solar y reciclaje de papel, en Guatemala”

Actualmente, en el marco del presente proyecto, se están realizando una serie de trabajos cuyas principales líneas de actuación son: la purificación de agua mediante filtros artesanales con plata coloidal; purificación de agua mediante la utilización de especies vegetales autóctonas o alóctonas que se adapten bien a las condiciones climáticas de la zona; y por último reciclaje de agua domiciliar y sistemas de almacenamiento para usos domésticos: riego, cocina etc. En las Figuras 3, 4 y 5 se muestran algunas imágenes concretas de las distintas líneas de trabajo del proyecto.



Figura 3. Filtro potabilizador artesanal



Figura 4. Biojardinera



Figura 5. Almacenamiento en llantas

La construcción de filtros potabilizadores, tipo Filtrón, requiere de una metodología específica que se basa en la elaboración de un medio filtrante gracias a un molde que da forma a una masa de arcilla mezclada con serrín, la cual constituye el cuerpo de la vasija. Una vez obtenido el molde se deja secar alrededor de 5 días, para más tarde llevarlo a un horno a unos 890 °C durante unas 9 horas y dejarlo reposar hasta alcanzar la temperatura ambiente. A continuación se deben sumergir las vasijas en unas pilas de agua para que los poros se rellenen de agua y así poder comprobar la tasa de filtración,

la cual ha de estar entre 1 y 3 l/h. En el caso de no ser así se deben destruir las vasijas. Por último se procede a la impregnación con plata coloidal.

Este sistema de filtrado es una forma ideal de obtener agua potable, aunque en los primeros usos que se le dé el agua puede tener cierto sabor a barro, pero es un agua de total confianza.

Por otro lado, para la purificación biológica de aguas grises domésticas se pretende encontrar una serie de especies vegetales, tanto autóctonas de la zona de Huehuetenango como plantas alóctonas que puedan adaptarse correctamente el ambiente en el que se encuentran y presenten una elevada capacidad de asimilación de distintas sustancias contaminantes. En el estudio llevado a cabo los sistemas de purificación biológica se denominan “biojardineras” y consisten en unas unidades de terreno donde se adecúan unas condiciones de impermeabilidad mediante una malla geotextil y sobre las que descansarán el lecho filtrante y las plantas macrófitas. Para que el sistema de tratamiento funcione de manera eficaz, se requiere que las raíces de esas plantas hayan crecido lo suficiente y tejido una red subterránea

De los estudios realizados hasta el momento se han obtenido unos buenos resultados en la purificación del agua para uso de riego de hortalizas, con buenas perspectivas de poder utilizarse para consumo humano en el futuro. Para una óptima purificación debe ubicarse la biojardinera en terreno plano o con inclinación inferior al 5%, así como garantizar un tiempo de retención del agua de entre 3 y 5 días para la mejor actuación de las raíces.

Finalmente, los sistemas de reciclaje de aguas grises y almacenamiento mediante llantas constan de una primera fase de filtración de las aguas grises que posteriormente se llevan a un tanque de almacenamiento que asegure un 100% de permeabilidad y no presente fugas o roturas. En este caso se ha comprobado que la mejor manera de almacenar es mediante el apilamiento de llantas.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con el presente proyecto de desarrollo de las tecnologías de bajo coste para el aprovechamiento y mejora de la calidad del agua, en Guatemala, son muy favorables, principalmente en lo referente a los mecanismos de filtración, dado que consiguen obtener una alta eficacia en cuanto a purificación de agua, y presentan una muy buena acogida por parte de la población. Además, los materiales utilizados son baratos, fáciles de obtener y el filtro presenta larga durabilidad.

Los sistemas de purificación de agua basados en las biojardineras han demostrado que son capaces de obtener un agua con una calidad suficiente para reutilizarla para usos domésticos e incluso para consumo. Los pocos inconvenientes que puedan presentar se deben a la especificidad que se necesita en cuanto al terreno para la ubicación de estas biojardineras, así como a la necesidad de estudios climatológicos para que los cultivos que han de desarrollarse, encargados de retener las sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas, tengan unas condiciones adecuadas para su correcto crecimiento.

Se ha comprobado que los sistemas de reutilización de agua y posterior almacenamiento, son unas medidas determinantes para el ahorro del agua doméstica. Actualmente se establece una primera etapa de filtración para eliminar los sólidos más grandes, dando lugar a un agua que tiene unas características adecuadas para reutilizarla única y exclusivamente para usos domésticos y que tras el filtrado se almacena en sistemas de bajo costo como llantas de gran tamaño mediante su apilamiento. Los resultados previos obtenidos son muy alentadores puesto que se han conseguido evitar las fugas de agua.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto que sirve de base al presente trabajo ha sido financiado por la Universidad de Murcia, a través de la subvención de Cajamar Caja Rural, por la Asociación para la Promoción y el desarrollo de la Comunidad “CEIBA” y por Ingeniería Sin Fronteras Murcia.

REFERENCIAS

- [1] Pérez-Foguet A., Morales Lobo M., Saz-Carranza A., Boni Aristizábal A., López Alba L. (2004). Cooperación internacional, desarrollo e ingeniería. Un marco de referencia para la promoción del Desarrollo Humano. Ingeniería Sin Fronteras, Universitat Oberta de Catalunya
- [2] Bases de datos y estadísticas sobre agua, saneamiento y salud (OMS). Disponible en Internet en: http://www.who.int/water_sanitation_health/database/es/index.html.
- [3] Muralles Aché C., Juárez H. (2010). Informe de seguimiento del proyecto “Desarrollo de tecnologías alternativas, ecológicas y artesanales para el máximo aprovechamiento de agua doméstica, cocina solar y reciclaje de papel, en Guatemala”.
- [4] Simón Andreu P., Lardín Mifsut C., Fariñas Iglesias M., Sánchez Arévalo Serrano J., Pérez Sánchez P., Rancaño Pérez A. (2009). Eficacia en la eliminación de partículas por diferentes sistemas de filtración aplicados al tratamiento terciario de las aguas residuales urbanas. Tecnología del Agua, 315, 34-47.
- [5] Tecnologías económicas para la extracción de metales. Disponible en Internet en: <http://www.induambiente.com/agua/soluci-n-de-ra-z.html>.
- [6] González Díaz C. (2004). La desinfección y el almacenamiento domiciliario del agua: intervención fundamental en la salud pública. Biblioteca virtual de vigilancia en salud, 9 (4), 1028-4338.
- [7] Juárez H., Contreras J.C., García V., Herrera C. (2011), Sistematización del proyecto tanques de almacenamiento de agua, informe final del proyecto “Desarrollo de tecnologías alternativas, ecológicas y artesanales para el máximo aprovechamiento de agua doméstica, cocina solar y reciclaje de papel, en Guatemala”.

[8] Creación de un filtro de agua a base de arcilla y residuos de cultivos. Disponible en Internet en: http://www.tendencias21.net/Crean-un-filtro-de-agua-a-base-de-arcilla-y-residuos-de-cultivos_a1173.html.

[9] Centro de Investigación de Tecnología Apropiable (CITA) y Centro Nacional de Hidrología y Calidad de las Aguas (CENHICA). (2000). Evaluación de filtros artesanales de cerámica roja de bajo costo como sistema de tratamiento de agua para comunidades rurales en Cuba. Disponible en Internet en: http://www.ecofiltro.com/wp-content/uploads/2010/02/cenhica_cuba.pdf.

[10] González A., Martín A., Figueroa R. (2006). Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano. Disponible en Internet en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexicon/R-0060.pdf>.

[11] Mallia M., Auxilia D., Dautant R., Windevoxhel A., Reyna E. (2008). Fitorremediación de aguas residuales contentivas de cromo con especies de la familia cannaceae. Disponible en Internet en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/reyna.pdf>.

[12] Tecnologías económicas para la extracción de metales. Disponible en Internet en: <http://www.induambiente.com/agua/soluci-n-de-ra-z.html>.

[13] Arroyo Hernández P. (2006) La biorremediación como medida correctora en los impactos ambientales de agua contaminada con metales pesados. Instituto de Medio Ambiente, Facultad de Biología y Ciencias Ambientales, Universidad de León.

[14] Kestler Rojas P. (2004). Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería Civil Administrativa.

[15] Método eficaz y de bajo costo para tratar aguas grises. Disponible en Internet en: <http://ciencias.jornada.com.mx/noticias/metodo-eficaz-y-de-bajo-costo-para-tratar-aguas-grises>.

[16] Hurtado Moreno J.J., Schaerer Sauberli U., Fernández Fernández V. Gutiérrez González J. (2006). .Proyecto de investigación 20060184.