

Diseño e implementación de un filtro para tratamiento de aguas grises en la aplicación de un sistema de riego para una huerta casera en San Andrés Islas, Colombia

Design and implementation of a filter for the treatment of gray waters in the application of a irrigation system for a house garden in San Andres islas, Colombia

Shelly Palmer Cantillo¹
Wayne Corpus²

RESUMEN

Este proyecto busca dar tratamiento de aguas grises producidas a nivel doméstico para posterior utilización en cultivos tipo huerta casera, a través de sistema de riego por goteo. Tomando como base la normatividad vigente aplicable a la calidad de aguas para uso doméstico (Resolución 2115 de 2007) y además lo estipulado en el artículo 40 del Decreto 1594 de 1984, para calidad de aguas destinadas al uso agrícola, así como la resolución 1207 de 2014, donde se dictan los valores máximos permisibles para los parámetros de calidad del agua destinada a este uso. La implementación de este tipo de filtros puede contribuir al manejo adecuado de una parte de las aguas residuales que se producen a nivel doméstico en la isla, específicamente las grises. Principalmente en sectores de la isla donde el sistema de alcantarillado no tiene cobertura y donde los sistemas de pozos sépticos no han sido diseñados apropiadamente como sistema de tratamiento de aguas residuales descentralizados. A su vez, las aguas tratadas serán un recurso disponible para la actividad de siembra a nivel de huertas caseras que actualmente se ve limitada por la falta del recurso hídrico para riego de las plantas. Los resultados preliminares del sistema, registrados durante el primer mes de la implementación, muestran que las aguas grises tratadas mejoran

su calidad respecto a los parámetros in situ como pH, Conductividad, Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales (TDS).

Palabras clave: Aguas grises, filtro, calidad del agua, agua de riego.

ABSTRACT

The main objective of this investigation is to treat gray wastewater from a house and to use the treated water to irrigate a vegetable garden. The treatment system is based on a slow sand filter. The results are going to be compared with the legal normativity related to this subject such as legal ruling 2115 de 2007, Decree 1594 de 1984 and legal ruling 1207 de 2014 that establish the maximum level allowed in water destined to human consumption. The development of this kind of filters can contribute to have a better use to the gray wastewater coming from homes. Mainly in those areas that do not have sewage network or a proper sewage drainage system. In this sense, the treated wastewater is a potential resource to supply the water demand in agricultural sector. The preliminary results, registered during the first month of implementation showed that the filter has a significant removal potential based

¹ Ingeniera Ambiental, Esp. Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Instructora.
E-mail: spalmer@sena.edu.co

² Tecnólogo en Administración Agropecuario. Instructor Programa SER. E-mail: pecosmel18@yahoo.com

on physicochemical water parameters such as pH, electric conductivity, turbidity and total solid dissolved (TDS).

Keywords: water quality, gray wastewater, filter, irrigation water

INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso natural renovable por excelencia y ha sido imprescindible para el desarrollo para la humanidad, desde el punto de vista biológico, pero también desde el punto de vista económico y social.

El uso inadecuado de este recurso unido a la poca planeación de la población ha hecho que su condición de recurso renovable se vea cada vez más comprometida y su capacidad de renovarse naturalmente no sea suficiente frente a los procesos de consumo y contaminación del mismo. Esto ha resultado en una crisis del agua que no solo afecta la disponibilidad del recurso sino también su acceso.

En este sentido, surge la necesidad de buscar alternativas que permitan, por un lado, hacer uso más eficiente del agua, y por otro, que permita la reutilización del recurso una vez se implementen sistemas de tratamiento que lleven las aguas residuales contaminadas a niveles de pureza mínimos que permitan su uso en otras actividades. El tratamiento y el reúso del agua juegan un papel fundamental en la administración y manejo de este recurso en todos los países. Los tipos de reúso más comunes son el aprovechamiento del agua tratada en actividades agrícolas, industriales, recreativas y recarga de acuíferos (Guadarrama-Brito & Galván Fernandez, 2015).

Una de las alternativas para tratar de remediar en parte la falta de agua, es aprovechar el agua residual para riego agrícola, generada tanto por la población urbana, como por las industrias. Sin embargo, son pocos los estudios relacionados con la calidad sanitaria y productividad agrícola

de tales recursos hídricos (Guadarrama-Brito & Galván Fernandez, 2015).

Aunque pueden presentarse riesgos tanto a la salud humana como a la contaminación de suelos o fuentes de agua, por la utilización de aguas residuales tratadas en actividades agrícolas; la oportunidad de separar las aguas grises de las aguas negras, abre una puerta para la reutilización de aguas menos contaminadas y con poca o cero presencias de agentes patógenos que con tratamientos menos costosos y menos complejos, alcancen niveles de depuración mínimos para la actividad agrícola.

Actualmente existen más de 3300 instalaciones de regeneración de agua nivel mundial con diversos grados de tratamiento y para diversas aplicaciones: riego agrícola, diseño urbano y usos recreativos, procesamiento y refrigeración industrial y producción indirecta de agua potable, como recarga de las aguas subterráneas (Aquarec, 2006). La mayoría de éstas se encuentra en Japón (cerca de 1800) y los Estados Unidos (cerca de 800), pero Australia y la Unión Europea contaban con 450 y 230 proyectos respectivamente. La zona mediterránea y el Medio Oriente tenían alrededor de 100 plantas, América Latina 50 y el África subsahariana 20 (FAO, 2013).

Pese a que pareciera que el avance en materia de reutilización de aguas residuales en países latinoamericanos es incipiente comparado con otras regiones del mundo; resulta de gran importancia aunar esfuerzos por promover estas prácticas en aquellos sitios donde la crisis del agua afecta no solo el abastecimiento para saneamiento básico sino también otros sectores como el de producción y/o servicios.

Uno de los sistemas de tratamiento que se pueden contemplar en este contexto es la filtración que consiste en pasar el agua con componentes no deseados a través de un material filtrante que remueva dichos componentes dejando el agua con características fisicoquímicas y/o microbiológicas mejores a las iniciales. La filtración lenta se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, siempre y cuando esta maneje unos indicadores medios (de 10 a

20 unidades nefelométricas de turbiedad), pero si se diseña y opera apropiadamente, puede ser considerado como un sistema de desinfección del agua (Torres Parra & Villanueva Perdomo, 2014).

Este proceso puede ser aplicado al tratamiento de aguas grises que, dentro del grupo de aguas residuales, son las que provienen de lavamanos, lavaplatos, duchas y lavado de ropa y por tanto presentan una menor cantidad de contaminantes y permiten ser tratadas de manera más fácil.

San Andrés forma parte del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y se encuentra localizada a los 12°32' norte y 81°43' oeste. En ella se concentra la actividad administrativa y turística del archipiélago (SIGAM-CORALINA, 2004 citado en (Palmer Cantillo, 2007)). Está situado al noreste de la plataforma continental de ésta, al occidente del Mar Caribe a unos 240 kilómetros de la costa Centroamericana, sobre el Mar de las Antillas; lo conforma tres islas principales: San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y una gran cantidad de cayos, islotes y bajos (CORALINA, 2005). Cuenta con un sistema de alcantarillado cuya cobertura solo alcanza el 41.3% (PROACTIVA, 2010) del total de la población isleña. Situación que resulta en la adopción de sistemas de tratamiento y/o disposición inadecuada de las aguas residuales domésticas; aumentando el riesgo de contaminación de los recursos naturales como el suelo y el agua.

Todas las viviendas, debido a la forma en que están manejando las aguas residuales, constituyen un riesgo de contaminación a las aguas subterráneas, por la infiltración ya sea por inyección al subsuelo mediante la utilización de pozos sépticos (un 72% de las viviendas los

utilizan), o por vertimiento directo a la superficie, al carecer de sistemas de recolección (un 12% no los poseen) (CORALINA, 2005).

Estas características de la isla de San Andrés, respecto al manejo de aguas residuales, la poca cobertura de alcantarillado y el acceso limitado al recurso hídrico, constituyen un escenario propicio para hacer aprovechamiento de aguas grises y la implementación de otros procesos de tratamiento para satisfacer la necesidad del recurso hídrico en otros sectores de nuestro desarrollo.

Es por esta razón que este proyecto busca articular el tratamiento de aguas grises por medio de la filtración lenta y el aprovechamiento del agua tratada en una actividad de riego de huertas caseras en el sector de la Loma, en San Andrés Isla. El análisis de los resultados de este proyecto permitirá validar la pertinencia de este tipo de tratamiento para aguas grises.

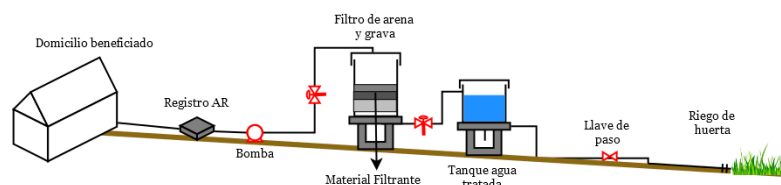
METODOLOGÍA

El presente proyecto se desarrolló con base en la metodología de investigación descriptiva y experimental, mediante la cual se describe la experiencia y resultados de la implementación de un filtro para depuración de aguas grises. Para llegar a la descripción de los resultados del proyecto, se avanzó en las siguientes etapas.

Etapa 1

La etapa 1 del proyecto se desarrolla desde la revisión bibliográfica, el diseño del filtro y estructuras complementarias, finalizando en la implementación del proyecto.

Figura 1. Esquema general del proyecto



Fuente: Elaboración propia (2017)

Para el diseño del filtro se tuvieron en cuenta variables como volumen de agua a tratar, volumen de filtración (Vf), área de unidad (As)

y altura de agua cruda en filtro por encima del lecho de arena.

Tabla 1. Variables para diseño de filtro de arena

VARIABLE	CÁLCULO APROXIMADO
Volumen agua a tratar	277 L/día-hogar
Volumen de filtrado	0.1 a 0.3 m³/m²-hora (m/h)
Área de unidad (As)	0.1154 m².
Altura de agua cruda en filtro por encima del lecho de arena	0.20 0.30 m.

Fuente: Elaboración propia (2017)

Por último, se incluía en esta etapa la instalación sistema de riego que consistió en un kit de riego que abarca alrededor de 8 m2 de área (huerta) y funciona por gravedad. Antes de iniciar el proceso de filtración, las primeras aguas grises que pasaron por el filtro debieron ser desechadas antes de comenzar a usarlas en el riego.

Etapa 2

La etapa 2 inició una vez se tenía construido el filtro e implementado en cada una de las dos huertas beneficiadas con el proyecto; y consistía en el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos in situ como oxígeno disuelto, conductividad turbidez, pH, Temperatura y sólidos disuelto totales.

Figura 2. Monitoreo in situ de parámetros fisicoquímicos en las aguas grises antes y después de filtro.



Fuente: SENA (2017)

Registrando datos correspondientes a las aguas grises sin tratar y aguas grises después de pasar por el filtro instalado (ver Figura 2).

Para complementar la información sobre la calidad del agua tratada y determinar con mayor veracidad la eficiencia del filtro también se planeó un muestreo de las aguas grises sin tratar y luego de ser tratada que permitiera analizar en laboratorio parámetros como nitratos, amonio, nitritos, fosfatos, turbidez, oxígeno disuelto, DBO5, grasas y aceites, caudal, detergentes, coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados preliminares del proyecto obtenidos durante la etapa 2 del proyecto relacionada con la medición de parámetros fisicoquímicos in situ de las aguas grises antes y después del filtro.

Figura 3. Sistema de filtro implementado para tratamiento de aguas grises



Fuente: Elaboración propia (2017)

En la Figura 3 se puede observar el sistema implementado y en los puntos llamados “entrada de aguas grises” y “aguas grises filtradas” es donde se tomaron las muestras para medición de parámetros in situ.

Estos resultados se analizaron teniendo en cuenta la normatividad vigente aplicable a la calidad de aguas para uso doméstico (Resolución 2115 de 2007) y además lo estipulado en el artículo 40 del Decreto 1594 de 1984, para calidad de aguas destinadas al uso agrícola y la resolución 1207 de 2014, donde se dictan los valores máximos permisibles para los parámetros de calidad del agua destinada a este uso.

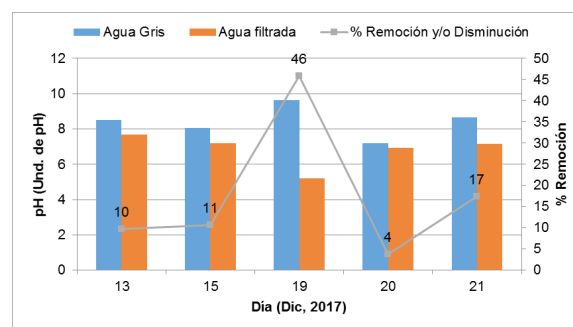
Es necesario considerar para la interpretación de los siguientes resultados que fueron tomados durante las primeras semanas del mes uno (1) de funcionamiento del filtro; por lo tanto corresponden a la etapa de maduración del filtro de arena, teniendo en cuenta que los filtros son maduros después de 4 y 5 semanas (Canepa y Pérez, 1992 citado en (Torres Parra & Villanueva Perdomo, 2014). En ese sentido, los resultados son preliminares y podremos observar remociones en las características fisicoquímicas del agua más significativas después de la etapa de maduración del filtro.

- » Huerta 1
- » pH

El pH puede interferir en fenómenos como incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección (Barrenechea Martel).

El rango de pH para aguas naturales oscila entre 4 y 9 y la mayoría son ligeramente básicas debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos de metales alcalinos y alcalinotérreos (INVEMAR, 2003)

Figura 4. Resultados de pH agua gris antes y después del filtro de arena (Huerta 1)



Fuente: Elaboración propia (2017)

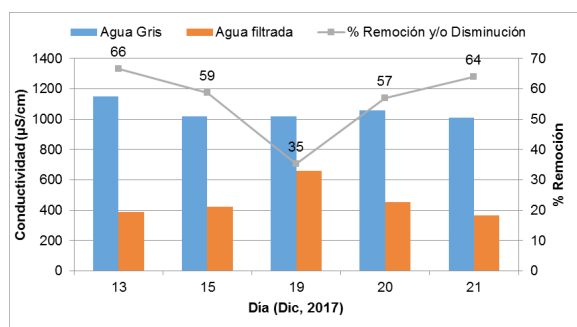
De acuerdo con los datos registrados para las aguas grises de la huerta 1, estas antes de pasar por el filtro se ubican en un pH, principalmente básico, y después de pasar por el filtro, durante el primer mes de funcionamiento de este, se observa una disminución en las unidades de pH

entre el 4% y el 46%. Ubicando los resultados, de acuerdo con la escala del pH, con valores cercanos a la neutralidad y lo ligeramente ácido.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. Como la contribución de cada especie iónica a la conductividad es diferente, su medida da un valor que no está relacionado de manera sencilla con el número total de iones en solución. Depende también de la temperatura (Universidad Politécnica de Cartagena UTPC).

Figura 5. Resultados de Conductividad Eléctrica agua gris antes y después del filtro de arena (Huerta 1)



Fuente: Elaboración propia (2017)

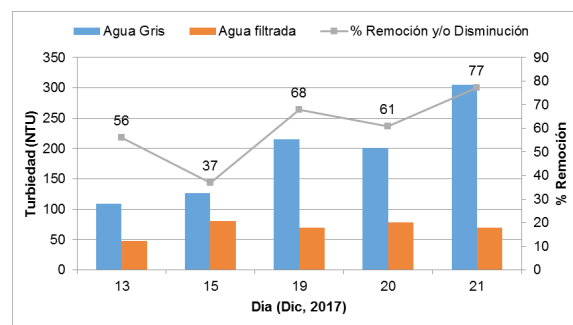
Los resultados obtenidos durante el primer mes de funcionamiento del filtro muestran una disminución significativa de este parámetro en el agua filtrada con respecto al agua gris antes del filtro. Esta disminución está en el orden entre el 35% y el 66% (Ver Gráfico 2). En donde podemos ver que la disminución más alta se dio en el registro del día 1 con 1152 µS/cm bajando a 386 µS/cm una vez filtrada el agua.

Turbidez

La turbidez es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la

transparencia del agua en menor o mayor grado (Barrenechea Martel).

Figura 6. Resultados de Turbidez agua gris antes y después del filtro de arena (Huerta 1)



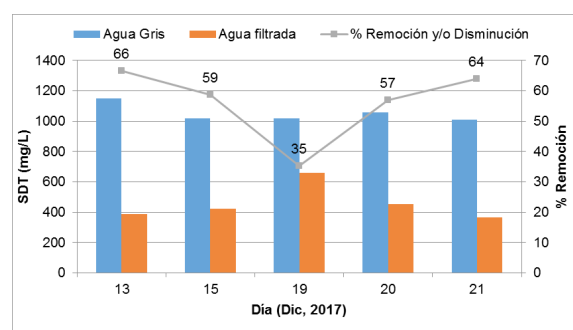
Fuente: Elaboración propia (2017)

Los datos que observamos en la figura 4 muestran como la turbidez del agua gris sin filtrar disminuyó en porcentajes que oscilaron entre el 37% y el 77%. Este último porcentaje corresponde a una turbidez inicial de 305 NTU que disminuyó a 69,3 NTU después de pasar por el filtro.

Sólidos disueltos totales

La medida de sólidos totales disueltos (TDS) es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química. TDS es definido analíticamente como residuo filtrable total (en mg/L). Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, etc. (Universidad Politécnica de Cartagena UTPC).

Figura 7. Resultados de Sólidos Disueltos Totales agua gris antes y después del filtro de arena (Huerta 1)



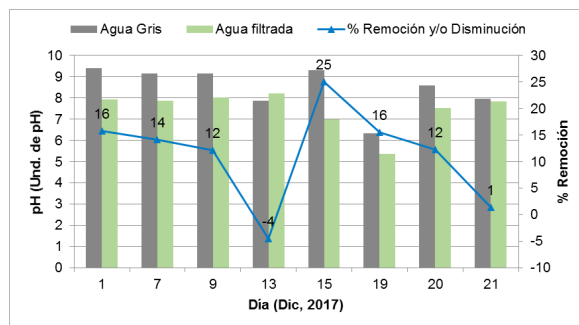
Fuente: Elaboración propia (2017)

Los sólidos disueltos totales fueron removidos de las aguas grises por el filtro en porcentajes entre el 35% y el 66%.

Huerta 2

» pH

Figura 8. Resultados de pH agua gris antes y después del filtro de arena (Huerta 2)



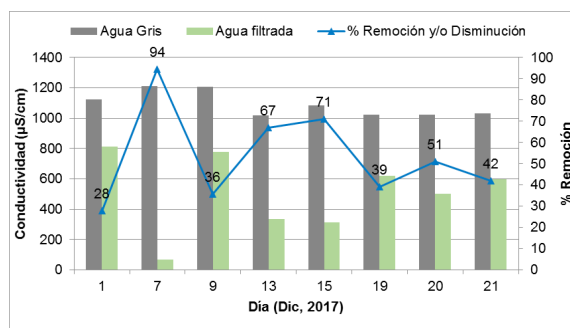
Fuente: Elaboración propia (2017)

En este caso (ver Figura 8) también observamos una reducción de las unidades de pH en el agua filtrada con respecto a las aguas grises antes del filtro. Mientras estas últimas variaron entre 6,35 y 9,4 unidades de pH, con más del 50% de los datos por encima de 8, siendo aguas ligeramente básicas; después de pasar por el filtro en rango de variación fue entre 5,36 y 8,22; donde podemos registrar datos donde el agua fue ligeramente ácida.

Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es un parámetro relacionado con la cantidad de sales disueltas o de minerales en el agua (mineralización). En este sentido, puede tener una relación muy cercana al contenido de sólidos disueltos totales en el agua. En cuerpos de agua natural se pueden encontrar conductividades cercanas a los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero cuando hay presencia de aguas residuales es posible que se observen datos con valores superiores.

Figura 9. Resultados de Conductividad Eléctrica agua gris antes y después del filtro de arena (Huerta 2)



Fuente: Elaboración propia (2017)

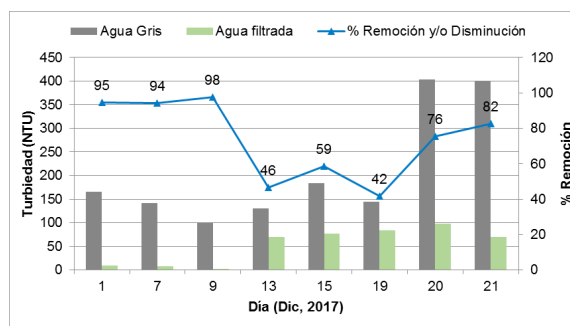
En la Figura 9 se puede observar como las aguas residuales grises, efectivamente registran conductividades superiores a los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que una vez pasan a través del filtro, disminuye significativamente. Lo que es coherente con la disminución registrada en otros parámetros como el de sólidos disueltos totales.

Estos resultados preliminares muestran disminuciones de hasta el 94%, llevando la conductividad de 1212 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta valores de 67 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Turbidez

La turbidez se puede considerar decisiva para establecer la calidad y productividad de estos sistemas. Además, puede llegar a ser un parámetro que estéticamente limite el uso del agua por parte de las personas.

Figura 10. Resultados de Turbidez agua gris antes y después del filtro de arena (Huerta 1)



Fuente: Elaboración propia (2017)

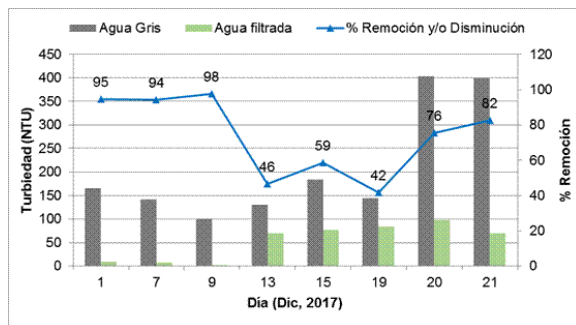
En este caso, se pueden observar remociones de hasta el 98% de la turbiedad inicial, y solo en la

etapa de maduración del filtro. Lo que nos permite inferir que una vez el filtro haya desarrollado una población microbiana optima, se pueden obtener mejores resultados de remoción tanto para la turbiedad como para otros parámetros.

Sólidos disueltos totales

Como ya se ha mencionado los SDT son compuestos que normalmente están presentes en aguas residuales grises y resulta un buen indicador a la hora que verificar la capacidad de remoción de un filtro como el utilizado en este proyecto.

Figura 11. Resultados de Sólidos Disueltos Totales agua gris antes y después del filtro de arena (Huerta 2)



Fuente: Elaboración propia (2017)

En la huerta 2, podemos observar resultados similares a los encontrados en la huerta 1, en los que el porcentaje de remoción varió entre el 40% y el 75%; y solo en la fase de maduración del filtro. En este sentido, los resultados preliminares permiten inferir que hay una mejoría en la calidad de las aguas grises que pasan a través del filtro con respecto a sus características iniciales.

Lo anterior también permite seleccionar este parámetro como uno de gran importancia para evaluar la eficiencia del filtro en el largo plazo, en los meses subsecuentes a la fase de maduración del mismo.

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados de seguimiento al sistema de filtración de aguas grises, corresponde

al primer mes de funcionamiento del filtro; en ese sentido, es importante mencionar que se trata de resultados preliminares sobre características fisicoquímicas del agua que no pueden dar cuenta de su calidad microbiológica. Los parámetros microbiológicos serán analizados en laboratorio, como parte de la etapa final del proyecto.

Sin embargo, estos resultados preliminares nos permiten calcular porcentajes de remoción o disminución de los parámetros fisicoquímicos medidos in situ, que bien nos pueden dar una idea tanto de la calidad de agua en términos fisicoquímicos, como del funcionamiento del filtro de arena, grava y carbón activado instalado.

En primer lugar, nos referiremos a los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos que podemos comparar con límites máximos permisibles establecidos en la normatividad colombiana para aguas destinadas al consumo humano, como es la Resolución 2115 de 2007, que en su artículo 2, 3 y 4 determina dichos límites para parámetros como Turbiedad, Conductividad y pH.

El parámetro de calidad cuyo mayor porcentaje de remoción o disminución de su concentración mostró en el agua filtrada con respecto a las aguas grises iniciales, fue la turbiedad tanto en la huerta 1 como en la huerta 2. En este caso hubo disminución de hasta el 98% de la turbiedad en el agua filtrada con respecto al agua gris sin tratar. Aunque, por un lado, esta disminución nos permite inferir que el filtro puede estar funcionando de manera adecuada; por el otro, los valores finales no cumplen con la norma pues se ubican por encima de 2 NTU establecidos como límite máximo permisible en la Resolución 2115 de 2007.

Es importante, por lo tanto, continuar con el monitoreo de este parámetro durante los meses posteriores a la fase de maduración del filtro, ya que una vez formada la comunidad total de microorganismos que en el filtro depuran el agua, los resultados se completarán y se podrá afirmar con mayor veracidad la efectividad del filtro y la calidad de las aguas tratadas.

Para el pH se indica que el agua destinada a uso agrícola (productos que no sean de consumo directo) debe oscilar entre 6,5 y 9 unidades de pH, que en ningún caso estuvo por fuera de ese rango de oscilación; cumpliendo con lo dispuesto en la normatividad mencionada anteriormente. Este parámetro es de vital importancia para el uso en huertas dado que se trata de la acidez o basicidad del agua para las plantas. Este puede afectar o beneficiar los productos tanto si es muy ácida como si es muy básica.

Con respecto a la conductividad eléctrica, este parámetro para las mismas agua y destinación no debe superar los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que en ningún caso tampoco fue superado por las aguas grises o las aguas filtradas.

Los resultados preliminares mencionados, si bien nos permite entrever la potencialidad de la reutilización de las aguas grises con fines agrícolas, no son suficientes para afirmar o no la efectividad del sistema de filtro implementado y hará falta el análisis en laboratorio de parámetros microbiológicos, tanto de aguas grises como de aguas filtradas, para medir la capacidad de purificación de un sistema de filtración lenta como el de este proyecto. Y establecer si es necesario o no complementar con otros tipos de tratamiento para el agua, como mejoras al sistema implementado. Esto será posible al finalizar la etapa de laboratorio del proyecto.

Aunque el marco normativo colombiano no es muy específico sobre la calidad de agua residual tratada destinada a uso agrícola, si existen datos referencia que nos permiten establecer objetivos para este proyecto en cuenta a presencia de patógenos en este tipo de aguas. La FAO (2013), por ejemplo, indica que hay sitios donde se estipula que la reutilización sin restricciones de aguas residuales requiere 0 coliformes fecales/100 ml (Aquarec, 2006 citado en FAO, 2013), con el fin de producir un efluente que prácticamente no contenga agentes patógenos. Aunque es pertinente recordar que las aguas grises logran superar estos inconvenientes en gran medida, porque pueden tener poco o nada de microorganismos asociados a material fecal, dada su procedencia.

La pertinencia de la reutilización de aguas residuales para fines agrícola toma cada vez más interés dado que contribuye a disminuir la presión sobre el recurso hídrico de las fuentes actuales, como el agua subterránea en el caso de San Andrés Isla. Así mismo, contar con una fuente de agua continua, como serían las aguas grises, frente a las aguas lluvias que es estacionaria, representa una forma de garantizar sistemas de producción agrícola más sostenibles y que propendan por la seguridad alimentaria de la isla. Ambos, uso eficiente del agua y seguridad alimentaria hacen parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a los que Colombia debe apuntar como compromiso con el Acuerdo de París firmado en 2015.

A nivel mundial el mayor avance en esta materia lo tienen países Japón y Estados Unidos, mientras en países de América Latina y África se mantienen en los últimos puestos de avance en estos proyectos (FAO, 2013). Por lo que las divulgaciones de este tipo de proyectos pueden fomentar mayor interés en el tema tanto en la comunidad académica como en los sectores productivos y/o gubernamentales en aquellos sitios que, como la isla de San Andrés, viven situación de escasez de agua para abastecimiento de la totalidad de la población y las actividades productivas de estas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguas del Mare Nostrum. (s.f.). Aguas del Mare Nostrum. Recuperado el 16 de 02 de 2015, de Tratamiento de Aguas Residuales: <http://www.tratamientosdelaguaydepuracion.es/reutilizacion-aguas-grises.html>
- Barrenechea Martel, A. (s.f.). Aspectos físicoquímicos de la calidad del agua.
- Blanco S, H. A., Lara de Williams, M., Velezmoro, A. C., & Aguilar L, V. H. (Marzo de 2014). Consumo de agua en actividades domésticas. Caso de estudio: Estudiantes de la asignatura saneamiento

- ambiental de la UCV. Recuperado el 08 de Febrero de 2017, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652014000100007
- CEPIS. (s.f.). Operación, mantenimiento y control de las principales unidades de tratamiento de agua. En Tratamiento de agua para consumo humano (pág. 45).
- Coralina. (2005). Plan de ordenación y manejo de la cuenca el Cove. Plan de ordenación y manejo de la cuenca el cove, 1-64. San Andrés Isla, Colombia.
- CORALINA. (2005). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca El Cove, POMCA 2005-2014. San Andrés Isla, Colombia: CORALINA.
- DANE. (2010). Censo General 2006, Perfil Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Bogotá, D.C., Colombia: DANE.
- Espinal Velásquez, C. M., Ocampo Acosta, D., & Rojas García, J. D. (2014). Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar. Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar, 1-77. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- FAO. (2013). Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos? FAO, Informe sobre temas hídricos, Roma.
- Guadarrama-Brito, M., & Galván Fernández, A. (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 4(7), 23.
- INVEMAR. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (Aguas, sedimentos y organismos). Santa Marta: Cargraphics–Impresión Digital.
- Palmer Cantillo, S. (2007). Análisis Histórico (1997-2005) de la Calidad de las Aguas Costeras de la Isla de San Andrés. Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe.
- PROACTIVA. (2010). <http://www.proactiva.com.co/colombia/aguas-del-archipelago/>. Recuperado el 14 de Febrero de 2017, de <http://www.proactiva.com.co/colombia/aguas-del-archipelago/>
- Todo Huerto y Jardín. (2017). Todo Huerto y Jardín. Recuperado el 15 de Febrero de 2017, de <http://www.todohuertoyjardin.es/35-riego-por-goteo>
- Torres Parra, C. A., & Villanueva Perdomo, S. (2014). El filtro de arena lento: manual de armado, instalación y monitoreo (1 ed.). Bogotá D.C., Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Universidad Politécnica de Cartagena UTPC. (s.f.). Recuperado el 15 de 10 de 2017, de https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf