

## Artículo Científico / Scientific Article

# Análisis comparativo de filtros artesanales para tratamiento de aguas grises en áreas rurales

*Comparative analysis of locally made filters for the treatment of grey water in rural areas*

Jeanny Elizabeth de León Rios.<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

**Dirección para recibir correspondencia:** jeannyrios@hotmail.com

**Recibido:** 12/08/2023

**Revisión:** 13/09/2023

**Aceptado:** 04/12/2023

### Resumen

Este estudio compara la eficiencia de dos filtros artesanales, usando materiales disponibles en áreas rurales con ausencia de sistema de drenaje, lo que obliga tratar las aguas grises para evitar contaminación. Entonces, el objetivo fue determinar la eficiencia de los filtros en función al tipo de material filtrante, siendo estos: 1) arena, grava, carbón activado, viruta de pino verde; y 2) estopa de coco. La eficiencia de estos se determinó a partir de la medición de la demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitritos, nitratos, fosfatos, color aparente, color real, sólido suspendido, y turbidez en afluente y efluente del filtro. Para este estudio, los filtros se construyeron en una comunidad ubicada en El Paraje de Choquixcabel del municipio de Santa Lucía Utatlán departamento de Sololá, Guatemala. Durante la evaluación se utilizó aguas grises generadas por el lavado de ropa y el agua de la ducha. Durante el estudio se recogieron un total de 12 muestras de afluentes y efluentes. El filtro que presentó mayor eficiencia al 75% en la remoción de parámetros físicos, inorgánicos no metales y orgánicos agregados, fue el de lecho filtrante de viruta de pino verde, aunque su comportamiento no fue constante. Estos filtros presentaron mucha variación con respecto a los resultados, debido al tiempo de almacenamiento del agua en el recipiente del filtro debido al tiempo necesario para la recolección del agua en el hogar.

**Palabras claves:** viruta verde de pino, estopa de coco, lecho filtrante, DBO, DQO, nitratos.

### Abstract

This study compares the efficiency of two artisanal filters, made using materials readily available in rural areas lacking drainage systems, which necessitate the treatment of greywater to prevent contamination. The objective was to determine the filters' efficiency based on the type of filtering material, specifically: 1) sand, gravel, activated carbon, and fresh pine shavings; and 2) coconut husk. The efficiency was determined by measuring the chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), nitrites, nitrates, phosphates, apparent color, true color, suspended solids, and turbidity in both the influent and effluent of the filters. For this study, the filters were constructed in a community located in El Paraje de Choquixcabel, in the municipality of Santa Lucía Utatlán, Sololá, Guatemala. Greywater generated from laundry and showering activities was used during the evaluation. A total of 12 samples of influent and effluent were collected throughout the study. The filter with the highest efficiency, at 75% removal of physical parameters, inorganic non-metallic compounds, and aggregated organic matter, was the one using fresh pine shavings as the filtering bed, although its performance was not consistent. These filters showed significant variability in results, primarily due to the storage time of the water in the filter container, a consequence of the time needed to collect water in the household.

**Key words:** green pine shavings, coconut husk, filter bed, BOD, COD, nitrates.



## Introducción

El municipio de Santa Lucía Utatlán, Sololá, se encuentra situado a 152 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala, al occidente del país, es uno de los diecinueve municipios del departamento de Sololá.

El estudio se llevó a cabo en el paraje Choquixcabel de la aldea Chichimuch de Santa Lucía Utatlán. Este se conforma por aproximadamente 50 familias, según información de líderes comunitarios del área. Este paraje ha recibido ayuda a través de organizaciones no gubernamentales, debido a que hay varias familias que se encuentran en extrema pobreza. El paraje cuenta con un tanque para abastecimiento de agua, pero el agua que llegaba a ese tanque no era suficiente para abastecer a todo el paraje, no fue sino hasta en el año 2018 que se realizaron mejoras al sistema de agua potable, logrando que se brindaran más horas para el acceso al agua potable.

La mayoría de los integrantes del paraje son trabajadores no calificados, que viven de la agricultura. Este paraje no cuenta con sistema de drenaje, sino con letrinas de pozo ciego. El agua gris se descarga sin tratamiento en las calles de la comunidad, afectando las fuentes de agua y la integridad de las cuencas hidrográficas en general.

El inadecuado manejo de sus aguas grises y la carencia de agua potable crean ambientes insalubres que propician las enfermedades y disminuyen la productividad de la población. Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en el 2015, indicó que las enfermedades diarreicas agudas se encuentran entre las primeras cinco causas de morbilidad y mortalidad en el país y el 24% de las muertes, son debidas a enfermedades diarreicas, principalmente en niños menores de cinco años.

Los problemas sanitarios se relacionan directamente con la red de distribución de agua y ponen de manifiesto la contaminación del recurso hídrico debido a filtraciones que se producen por falta del sistema de alcantarillado.

Además de los impactos en la crisis económica, estas condiciones pudieran verse empeoradas por eventos climáticos adversos, siendo Guatemala uno de los 10 países del mundo más afectados por el cambio

climático y el cuarto más vulnerable a desastres naturales, según la Organización de Naciones Unidas (ONU).

Por lo tanto, es importante buscar alternativas de pequeña escala que atiendan a las necesidades específicas de cada comunidad. Éstas deben ser fáciles de operar, no deben requerir mano de obra especializada y altos costos de mantenimiento. Por lo que un filtro artesanal con materiales locales, cumplen con estos requisitos, que pueden estar al alcance de las comunidades rurales.

Este estudio tiene como objetivo determinar la eficiencia del filtro artesanal para tratar las aguas grises de origen doméstico de viviendas del área rural, utilizando un filtro de viruta de pino verde y otro de estopa de coco.

En la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos -ERIS-, se han realizado algunos estudios relacionados con el tratamiento de aguas grises, los cuales se mencionan a continuación:

- a) Estudio de un modelo experimental de filtro percolador utilizando estopa de coco como medio filtrante para la reducción de nitrógeno y fósforo total de las aguas residuales procedentes de la planta de tratamiento Aurora II “Ing. Arturo Pazos Sosa”, en el cual se obtuvo una eficiencia de 33% de remoción de nitrógeno total. (Hernández Canales, 2012).
- b) Utilización de geotextiles para el tratamiento de aguas grises, en el cual se evaluó la remoción de DQO y DBO en tres configuraciones de geotextil, obteniéndose remociones promedio en el rango de 28 a 40 por ciento para DQO y de 15 a 17% de remoción promedio para DBO (León Urrutia, 2022).

En el 2011, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, para su programa extraordinario de apoyo a la seguridad alimentaria y nutricional elaboró una colección de buenas prácticas y generó el contenido para filtros caseros de aguas grises, en donde da a conocer el proceso de construcción, mantenimiento y uso de estos, manual que también tuvo aporte significativo para este estudio.

En el 2012, el Instituto Carlos Slim de la Salud, A.C., desarrolló un manual de buenas prácticas para las aguas jabonosas en donde dedican un capítulo para el tema de sistemas de tratamiento de aguas grises con filtros.

Debido al incremento de la población en muchos países se han evaluado tecnologías de bajo costo para el tratamiento de aguas grises, como es el caso de la India. Muchos de sus pobladores no cuentan con agua potable, por lo que Thanekar (2019) realizó una revisión de la tecnología de tanques estabilizadores con plantas ya que el uso de filtración con flujo horizontal logró que el 95% del agua quedara sumergida con contacto a la atmosfera y al colocar en 4 o 5 series de estos módulos se obtuvo la nitrificación de las aguas residuales, considerando la filtración en este estudio.

En el 2016, Ghaitidak y Yadav en India, realizaron un estudio para el reuso de aguas grises en el que realizaron una comparación que se conoce como jerarquía de procesos, en el que evaluaron un filtro en serie con arenas en contenedores plásticos, con la peculiaridad de que cada filtro contenía arena de diferente tamizado. En este estudio se pudo evaluar que la turbidez, los sólidos suspendidos y la DBO mejoraron significativamente, por lo que se consideró el uso de este material filtrante para este estudio, obteniendo resultados diferentes por el lapso en el lavado del material.

La Universidad de Tecnología de Iraq a través de Al-Husseini y colaboradores (2021), realizaron una revisión sobre la gestión ambiental de las aguas grises, brindando la definición de las aguas grises y enlistando las tecnologías de tratamiento, mencionando la metodología de filtración y los filtros de arena, concluyendo que una de las mejores metodologías es el uso de materiales reciclables, como los que se utilizaron para este estudio, ya que representan bajos costos de construcción, mantenimiento y de fácil operación.

Oteng-Peprah y colaboradores (2018) realizaron una revisión sobre las características, sistemas de tratamiento, estrategias de reuso y percepción de las aguas grises indicando el uso de viruta, carbón activado y moringa, como lechos filtrantes en donde concluyen que estos materiales no son recomendables utilizarlos a gran escala para tratamiento, pero, que si recomiendan explorar el uso de los mismos para tratamiento

doméstico, ya que son materiales que se pueden hallar en diversos países, por lo que este estudio sirvió de motivación para realizar este estudio con viruta, mismo que a continuación se desarrolla.

## **Materiales y método**

### **Materiales**

Para la conformación del medio filtrante se utilizaron los materiales siguientes:

- Agregado fino: arena de río
- Agregado grueso: piedrín de ½”
- Carbón de encino: carbón de origen mineral
- Estopa de coco
- Viruta de pino verde

Los insumos que se necesitaron para la construcción del filtro fueron los siguientes:

- 1 cubeta de 5 galones con tapadera
- 1 cubeta de 5 galones con tapadera y grifo
- Tela de anti áfido
- Tubería de PVC de ½ “
- 2 llaves de globo de PVC de ½”
- Pegamento de PVC
- Broca de 1/16”

La tela anti áfido se colocó siguiendo la recomendación dada por León Urrutia (2022), la estopa de coco fue aplicada en este estudio siguiendo la recomendación dada por Hernández Canales (2012).

Los materiales como el agregado fino, el agregado grueso, el carbón y la viruta de pino son materiales que se han utilizado como medios filtrantes desde hace décadas para el tratamiento de aguas residuales y como se busca la construcción de filtros artesanales a bajo costo se eligieron estos materiales que están al alcance de la comunidad.

### **Construcción del filtro**

A continuación, se describen los pasos de construcción del filtro:

1. A las cubetas sin grifo, en la tapadera se debe realizar una perforación para que pueda instalarse la llave de globo y dejarla asegurada.

2. A las cubetas sin grifo en el fondo, se deben realizar agujeros con la broca de 1/16" de forma uniforme.

3. A las cubetas con grifo se le deben realizar agujeros a la tapadera con la broca de 1/16" de forma uniforme, la función de esta cubeta será de almacenamiento del agua filtrada.

4. En la cubeta sin grifo se armará el filtro, primero se debe colocar la tela anti áfido, para evitar que algún grano del material fino pase por los agujeros.

5. Con los materiales, el proceso debe ser el siguiente:

- El agregado grueso se debe lavar con cloro, para evitar materia orgánica en él.
- El agregado fino debe cernirse.
- El carbón debe activarse, mediante el proceso de llevarlo a temperaturas altas y luego llevarlo a temperaturas muy bajas (proceso de pasteurización)
- La estopa de coco no debe tener residuos de carnaza del fruto, y debe estar completamente seca.
- La viruta de madera debe ser de pino verde, no de madera seca, por las propiedades del material.

6. La construcción del filtro quedó como se muestra en las figuras 1 y 2 mostradas a continuación.

En la figura 3, se muestra la planta general donde se ubica el filtro de estopa de coco y viruta de pino verde utilizados, asimismo esta figura contiene el perfil para ubicar la posición del filtro respecto a la vivienda.

Una vez construido el sistema, se puso a funcionar durante 15 días para estabilizar los procesos y hasta el día 16 se inició con la toma de muestras.

Figura 1. Detalle de filtro con estopa de coco

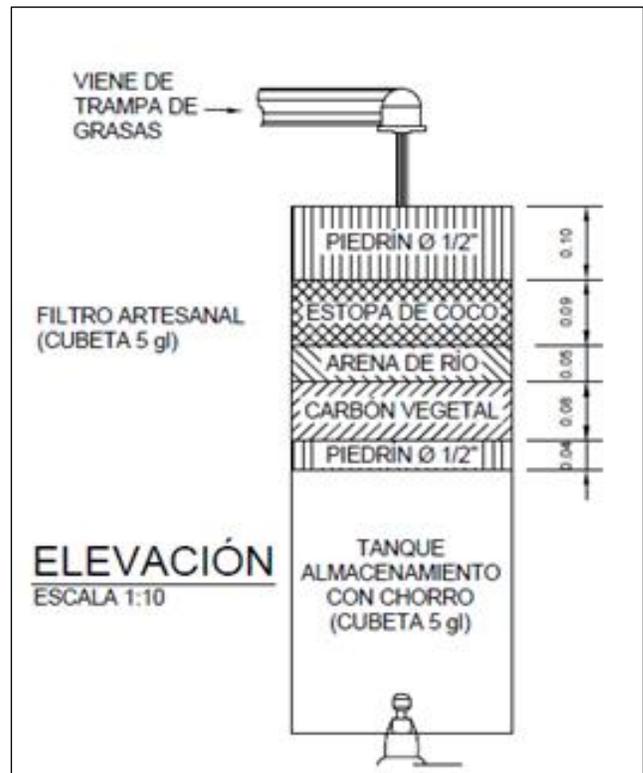
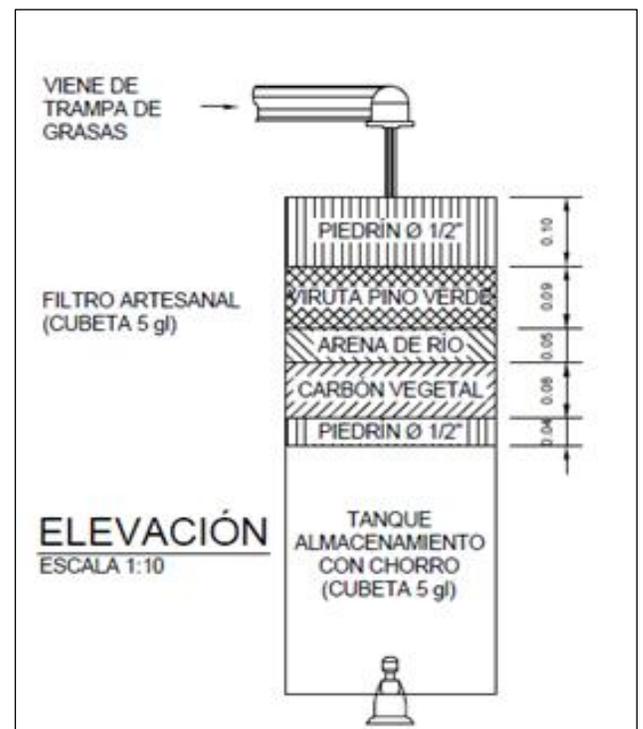
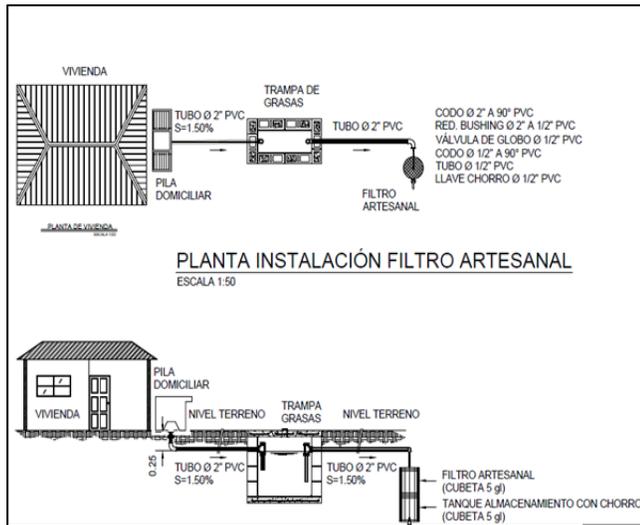


Figura 2. Detalle de filtro con viruta de pino verde



**Figura 3. Planta y perfil del sistema utilizado, observe ubicación del filtro.**



### Metodología.

La investigación realizada es de tipo cuasiexperimental con un enfoque cuantitativo transversal en el tiempo, utilizando un análisis de tipo descriptivo, ya que consiste en la comparación de dos filtros, por lo que se realizó con diseño pareado que son parte del grupo experimental debido a que se tomaron diversas muestras en el mismo punto, entrada y salida del filtro.

Las técnicas utilizadas en este estudio son la investigación documental y de campo. Los instrumentos y herramientas utilizadas fueron visitas y conversaciones con líderes comunitarios, réplicas en laboratorio para medición de parámetros de contaminantes.

En este diseño de investigación se manipula deliberadamente la variable independiente, debido a que se trabajó en una comunidad que presenta una necesidad en la que este estudio puede ser de apoyo para ellos.

La variable independiente fue: tratamiento de aguas grises en área rural del paraje Choquixcabel, Santa Lucía Utatlán, Sololá.

La variable dependiente fue: filtro artesanal como herramienta biológica en área rural paraje Choquixcabel, Santa Lucía Utatlán, Sololá.

Se tomó en cuenta la estadística descriptiva de los valores de cada variable antes y después de la filtración (por cada filtro): media y desviación estándar. Así como media y desviación estándar del porcentaje de remoción de cada variable por cada filtro.

Para la prueba de hipótesis para la media de una población se realizó la prueba de t de Student unilateral a un nivel de significancia de 0.05 (nivel alfa), para determinar si el filtro remueve más del 75 % de cada contaminante. La prueba se hace para cada una de las variables según la hipótesis y para cada uno de los filtros. Las hipótesis estadísticas del estudio fueron:

- $H_0$  (nula):  $m = 75\%$  de remoción
- $H_a$  (alterna):  $m > 75\%$  de remoción

Donde  $m$  es la media del porcentaje de remoción estimada para cada variable y cada filtro con las réplicas realizadas.

Aceptando un riesgo alfa de 0.05 (nivel de significancia) y un riesgo beta de 0.05 (poder de la prueba de 95 %), en una prueba unilateral, se precisan cinco muestras de agua por cada filtro para detectar una diferencia igual o superior a 75 % de remoción por el filtro. Se asume que la desviación estándar común es de 25 %.

Cada muestra tuvo una medición de entrada y otra medición de salida y con lo que se calculó el porcentaje de remoción de cada muestra de agua.

Las características de la población es un área rural que no cuenta con sistema de drenaje, con lugares de siembra grandes o pequeños, para consumo propio o comercial, con servicio de abastecimiento de agua domiciliar constante o intermitente, proveniente de un sistema comunitario o de recolección.

Para el muestreo era importante que la persona viviera en el área de estudio, el muestreo debía ser puntual y simple para la construcción de los 2 filtros.

Se programan 6 réplicas simples a cada 8 o 16 días del agua residual que ingresaba al filtro y el agua al salir del filtro, para mayor precisión. Para la medición de

estos parámetros se elaboraron réplicas en laboratorio, teniendo el cuidado de conservar las muestras en buen estado.

Al trasladar las muestras al laboratorio se mantuvieron en las condiciones ideales y luego se procedió a analizarlas en el laboratorio de calidad de agua de la División de Ciencias de La Ingeniería del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala durante los meses de octubre a diciembre del 2020, utilizando la metodología del Standard Methods para la evaluación de parámetros de Agua y Aguas residuales de AWWA.

Con la información recopilada se procedió a realizar réplicas en laboratorio para determinar los siguientes parámetros:

- DBO5
- DQO
- Nitritos
- Nitratos
- Fosfatos
- Color Real
- Color Aparente
- Turbiedad

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en laboratorio de cada una de las muestras:

En la tabla 1, se pueden observar los resultados de los análisis realizados y la eficiencia de la DQO en el filtro de estopa de coco.

**Tabla 1. Resultados de DQO de entrada y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	1,636.00	760.00	53.55
2	341.00	1,349.00	(295.60)
3	336.00	138.00	58.93
4	280.00	85.00	69.64
5	396.00	793.00	(100.25)
6	109.00	511.00	(368.81)

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para la DQO en el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 2. Resultados de DQO de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	1,636.00	414.00	74.69
2	341.00	271.00	20.53
3	336.00	149.00	55.65
4	280.00	64.00	77.14
5	396.00	842.00	(112.63)
6	109.00	446.00	(309.17)

En las tablas 3 y 4 se observan los resultados obtenidos de la DBO en la entrada y salida tanto para el filtro de estopa de coco como el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 3. Resultados de DBO de entrada y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	520.00	210.00	59.62
2	160.00	200.00	(25.00)
3	25.00	50.00	(100.00)
4	135.00	26.00	80.74
5	370.00	320.00	13.51
6	45.00	410.00	(811.11)

**Tabla 4. Resultados de DBO de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	520.00	210.00	59.62
2	160.00	60.00	62.50
3	25.00	55.00	(120.00)
4	135.00	46.00	65.93
5	370.00	360.00	2.70
6	45.00	355.00	(688.89)

Los resultados de nitritos obtenidos para la entrada y salida en el filtro de estopa de coco se pueden observar en la tabla 5, y en la tabla 6 los datos obtenidos en el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 5. Resultados de nitritos de entrada y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	0.07	0.01	88.57
2	0.00	0.04	(900.00)
3	0.01	0.01	25.00
4	0.20	0.01	96.46
5	0.00	0.01	(150.00)
6	0.00	0.00	(100.00)

**Tabla 6. Resultados de nitritos de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	0.07	0.01	91.43
2	0.00	0.05	(1,050.00)
3	0.01	0.01	(50.00)
4	0.20	0.01	95.96
5	0.00	0.01	(300.00)
6	0.00	0.00	(300.00)

Los resultados de nitratos obtenidos para la entrada y salida en el filtro de estopa de coco se pueden observar en la tabla 7, y en la tabla 8 los datos obtenidos en el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 7. Resultados de nitratos de entrada y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	3.10	1.00	67.74
2	1.70	4.00	(135.29)
3	2.00	0.60	70.00
4	0.90	1.00	(11.11)
5	1.10	0.80	27.27
6	1.10	1.31	(19.09)

**Tabla 8. Resultados de nitratos de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	3.10	1.20	61.29
2	1.70	2.00	(17.65)
3	2.00	0.80	60.00
4	0.90	1.00	(11.11)
5	1.10	0.70	36.36
6	1.10	0.91	17.27

Los resultados de fosfatos obtenidos para la entrada y salida en el filtro de estopa de coco se pueden observar en la tabla 9, y en la tabla 10 los datos obtenidos en el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 9. Resultados de fosfatos de entrada y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	23.50	9.75	58.51
2	7.40	4.20	43.24
3	1.80	7.40	(311.11)
4	4.05	6.95	(71.60)
5	9.55	26.50	(177.49)
6	5.59	7.10	(27.01)

**Tabla 10. Resultados de fosfatos de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	23.50	8.25	64.89
2	7.40	4.40	40.54
3	1.80	3.30	(83.33)
4	4.05	3.65	9.88
5	9.55	37.65	(294.24)
6	5.59	13.40	(139.71)

Los resultados de color verdadero obtenidos para la entrada y salida en el filtro de estopa de coco se pueden observar en la tabla 11, y en la tabla 12 los datos obtenidos en el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 11. Resultados de color verdadero de entrada y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	265.00	82.00	69.06
2	289.00	552.00	(91.00)
3	67.00	44.00	34.33
4	27.00	25.00	7.41
5	49.00	391.00	(697.96)
6	20.00	100.00	(400.00)

**Tabla 12. Resultados de color verdadero de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	4,310.00	78.00	98.19
2	880.00	155.00	82.39
3	501.00	35.00	93.01
4	317.00	14.00	95.58
5	1,570.00	516.00	67.13
6	148.00	135.00	8.78

Los resultados de sólidos suspendidos obtenidos para la entrada y salida en el filtro de estopa de coco se pueden observar en la tabla 13, y en la tabla 14 los datos obtenidos en el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 13. Resultados de sólidos suspendidos de entrada y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	1,807.00	174.00	90.37
2	92.00	235.00	(155.43)
3	47.00	63.10	(34.26)
4	74.00	17.00	77.03
5	246.00	140.00	43.09
6	50.00	84.00	(68.00)

**Tabla 14. Resultados de sólidos suspendidos de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	1,807.00	44.00	97.57
2	92.00	75.00	18.48
3	47.00	51.00	(8.51)
4	74.00	24.00	67.57
5	246.00	132.00	46.34
6	50.00	92.00	(84.00)

Los resultados de turbidez obtenidos para la entrada y salida en el filtro de estopa de coco se pueden observar en la tabla 15, y en la tabla 16 los datos obtenidos en el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 15. Resultados de turbidez de entrada y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	746.00	44.00	94.10
2	132.00	75.00	43.18
3	42.00	51.00	(21.43)
4	47.40	24.00	49.37
5	210.00	132.00	37.14
6	31.60	92.00	(191.14)

**Tabla 16. Resultados de turbidez de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
1	746.00	33.00	95.58
2	132.00	7.56	94.27
3	42.00	53.00	(26.19)
4	47.40	6.91	85.42
5	210.00	243.00	(15.71)
6	31.60	83.10	(162.97)

Los resultados de coliformes fecales obtenidos para la entrada y salida en el filtro de estopa de coco se pueden observar en la tabla 17, y en la tabla 18 los datos obtenidos en el filtro de viruta de pino verde.

**Tabla 17. Resultados de coliformes fecales y salida en el filtro de estopa de coco, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
3	460,000.00	325,000.00	29.35
4	36,700.00	5,900.00	83.92
5	173,000.00	6,800.00	96.07
6	149,000.00	4,400.00	97.05

**Tabla 18. Resultados de coliformes fecales de entrada y salida en el filtro de viruta de pino verde, con su respectiva eficiencia.**

Número de muestra	Entrada filtro (mg/l)	Salida filtro (mg/l)	Eficiencia %
3	460,000.00	430,000.00	6.52
4	36,700.00	5,500.00	85.01
5	173,000.00	1,000.00	99.42
6	149,000.00	200.00	99.87

## Discusión de resultados

En los resultados, se pudo observar que existió variación entre muestras, esto se debe a que en las fechas que se realizaron las pruebas la familia de ese hogar recibió visitas que lavaban pañales de tela de bebés, lo que provocó una variación en el tipo de aguas residuales grises que fueron tratadas por el filtro.

En el caso de la DQO, se pudo observar que la cantidad de contaminantes que se podían oxidar aumentó al igual que con la DBO la cantidad de contaminantes que se pueden biodegradar también aumentó. Esto se debe a que los lechos filtrantes utilizados y estudiados en este caso, como la estopa de coco y la viruta de pino verde, funcionaron como un medio de cultivo para los contaminantes.

En el tema de los nitritos, también se observó un aumento en las últimas muestras, lo que nos indica que se identifican procesos biológicos en el agua, que también puede aumentar los nitratos como se pudo observar en el filtro de la estopa de coco.

Para los fosfatos, también se evidenció un incremento, lo que pone en riesgo de que crezcan algas que pueden perjudicar la eficiencia de los filtros. Estos provienen generalmente de los detergentes o los jabones utilizados para lavar.

El color aparente muestra que los filtros presentaban sustancias suspendidas y disueltas en alto porcentaje, esto debido a los materiales que conforman el filtro.

Al igual que los sólidos suspendidos que también fueron aumentando en las últimas muestras, la primera muestra indicaba sólidos suspendidos altos, esto debido a que la trampa de grasas no estaba funcionando efectivamente. Así mismo, la turbidez aumentó, lo que coincide con los resultados mencionados anteriormente.

En el caso de los coliformes fecales, se pudo observar que, si manejaban un porcentaje alto de remoción de estos en ambos filtros, lo que brinda la remoción de un parámetro importante para la salud.

Desafortunadamente no se cuentan con suficientes estudios de aguas residuales de este tipo para poder brindar comparaciones respecto a este diseño de filtros, sin embargo se obtuvieron resultados de remoción de DBO muy similares al estudio realizado por Ghaitidak (2016).

## Conclusiones

El filtro que presentó mayor eficiencia al 75% en la remoción de parámetros físicos, inorgánicos no metales y orgánicos agregados, fue el de lecho filtrante de viruta de pino verde, aunque su comportamiento no fue constante. Pero en los resultados microbiológicos presentó una remoción de coliformes fecales de un 99.87 %

El filtro que presentó menor eficiencia al 75% en la remoción de parámetros físicos, inorgánicos no metales y orgánicos agregados, fue el de lecho filtrante de estopa de coco, aunque su comportamiento tampoco fue constante. Pero en los resultados microbiológicos presentó una remoción de coliformes fecales de un 97.05%.

Los materiales que conformaron los filtros tuvieron una cuidadosa selección para que puedan estar al alcance comunitario, cumpliendo con costos bajos y de fácil acceso para adquirir, con el fin de ser utilizado para reúso en riego.

La eficiencia de los filtros artesanales con viruta de pino verde y estopa de coco no presentaron un

porcentaje mayor al 75 % en la remoción de nitratos y fosfatos.

La eficiencia de los filtros artesanales con viruta de pino verde y estopa de coco no presentaron un porcentaje mayor al 75 % de la DQO.

La eficiencia para la DBO5 y nitritos, los filtros de viruta de pino verde y estopa de coco se logró una eficiencia mayor al 75% en algunas de las muestras tomadas.

Estos filtros presentaron mucha variación con respecto a sus resultados, esto debido al tiempo de almacenamiento del agua en el recipiente del filtro asignado para esta función, debido a que se trabajan con materiales orgánicos.

Debido al bajo costo de los filtros artesanales, estos pueden presentar una solución oportuna al alcance de las personas comunitarias que cuentan con terreno para regar frutos que provienen de árboles, más no tubérculos o frutos que procedan directamente de tierra, y aprovechar el reúso del agua.

### Agradecimientos

A todos los que colaboraron para hacer de esto una realidad con el fin de poder brindar una solución a las familias del área rural. A mi familia por su apoyo incondicional.

A Scott Underhill por creer en este proyecto.

A Matthew Baer por escuchar más allá de las palabras.

### Financiamiento

Este trabajo fue financiado con recursos propios de la autora.

### Conflicto de interés

La autora declara no tener ningún tipo de conflicto de interés que pudiera haber influido en esta investigación.

### Como citar este documento

de León Ríos, J.E. (2023). Análisis comparativo de filtros artesanales para tratamiento de aguas grises en áreas rurales. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 18(2), Artículo e1613.  
<https://doi.org/10.36829/08ASA.v18i2.1613>

### Consentimiento informado

No aplica.

### Contribuciones de autor

Conceptualización, trabajo de campo, tabulación, análisis y escritura: J.E.L.R.

### Referencias

- Al-Husseini, T.H., Al-Anbari, R.H. & Al-Obaidy, A.H. (2021). *Greywater environmental management: A Review*. Iraq. University of Technology Iraq.  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/779/1/012100>
- Ghaitidak, D.M. & Yadav, K.D. (2016). Greywater treatment for reuse: comparison of reuse options using analytic hierarchy process. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 6(1), 108-124.  
<https://doi.org/10.2166/wrd.2015.177>
- Hernández Canales, J. C. (2012). Diseño, Construcción y evaluación de un modelo experimental de filtro percolador utilizando estopa de coco como medio filtrante, para la reducción de nitrógeno y fósforo total de las aguas residuales domésticas procedentes de la planta piloto de tratamiento Aurora II “Ing. Arturo Pazos Sosa”. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 8(1), 44-48.  
<https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1486/954>
- León Urrutia, M. N. (2022). Oportunidades para el uso de geotextiles para el tratamiento de aguas grises. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 16(2), 27-33.  
<https://doi.org/10.36829/08ASA.v16i2.1325>
- Oteng-Peprah, M., Acheampong, M.A., & de Vries, N.K. (2018). Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategies and user perception—a review. *Water Air Soil Pollut*, 229(8), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3909-8>
- Thanekar K.D. (2019). Review paper on treatment of grey water using low cost technology. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6(1), 26-29.  
<http://www.jetir.org/papers/JETIRW006006.pdf>