

Artículo científico

## Efecto de sistemas de filtración lenta en efluentes de lavadero de vehículos

Effect of slow filtration systems on vehicle wash effluents

 **Luis Eduardo Oré Cierzo**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

 **Diana Cruz González**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

 **Steve Edwin González De la Cruz**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

 **Katherin Jasmin Rivas Enciso**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

 **Wendy Caroline Loarte Aliaga**  
Consultor Constructor & Auditor LEOC E.I.R.L

 **Jorge Alejandro Suarez Vásquez**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

**Aceptado:** Julio de 2023

**Recibido:** Abril de 2023

Julio - Diciembre

Vol. 2 Núm. 2 – 2023

<https://doi.org/10.56275/fitovida.v2i2.21>

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación, filtración lenta en efluentes de lavaderos de vehículos, tiene como objetivo principal evaluar los efectos de los sistemas de filtración lenta (arena con carbón activado, carbón vegetal, mesocarpio de coco y grava), para los efluentes de lavado de vehículos, para esta investigación se construyó un sistema de filtrado lento de arena, y se utilizó recipientes de plástico de 20 litros, tubos de PVC y pegamentos, también se recolecto aguas residuales de los lavaderos de vehículos en un timbo y se llevaron al laboratorio, y se caracterizaron parámetros fisicoquímicos antes y después de pasar por el sistema de filtración lenta como son el pH, oxígeno disuelto, turbidez, temperatura y conductividad eléctrica, y como conclusión se ha tenido que la eficiente de remoción de turbidez del sistema de filtro lento a partir del carbón activado fue de 99,35% y teniendo un comportamiento significativo estadísticamente los parámetros de pH, turbidez y conductividad eléctrica.

**Palabras clave:** Carbón activado; carbón vegetal, mesocarpio de coco, sistema de filtración.

### ABSTRACT

The present research work, slow filtration in effluents from car washes, has as main objective to evaluate the effects of slow filtration systems (sand with activated carbon, charcoal, coconut mesocarp and gravel), for effluents from car washes. vehicles, for this research a slow sand filtering system was built, and 20-liter plastic containers, PVC pipes and glues were used, wastewater was also collected from vehicle washes in a timbo and taken to the laboratory, and physicochemical parameters were characterized before and after passing through the slow filtration system such as pH, dissolved oxygen, turbidity, temperature and electrical conductivity, and as a conclusion it has been found that the efficiency of turbidity removal of the slow filter system at from activated carbon was 99,35% and the parameters of pH, turbidity and electrical conductivity had a statistically significant behavior.

**Keywords:** Activated carbon; charcoal, coconut mesocarp, filtration system.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú se está dando un incremento masivo del parque automotor, que brinda muchas necesidades a las personas, familias con fines de trabajo, educación y paseos familiares, por ello se evidencia un incremento de lavaderos de autos, camionetas y camiones en general.

En el distrito se ha registrado un incremento del flujo vehicular, la cantidad de vehículos registrados por la Municipalidad de Leoncio Prado de Tingo María para el año 2012 fue de 2,337 trimóviles y para el año 2016 hubo un incremento a 4,125 trimóviles de servicio público. (Beteta, 2017). El lavado de estos vehículos es una de las actividades que generan mayor impacto ambiental a raíz de su uso constante y desmedido del agua potable y natural.

Las descargas de aguas residuales resultado del lavado son una fuente de contaminación y principal agente contaminador en los cuerpos de agua donde tienen su disposición final ya que no tienen tratamiento alguno.

En los últimos años en la ciudad de Tingo María se evidencia un incremento de este tipo de actividad económica, los lavaderos están distribuidos por toda la ciudad, y sus efluentes.

Por lo tanto, la calidad del agua que está en relación a los parámetros que se analicen y que están establecidos los resultados que arrojan valores altos son los que afectan considerablemente los ecosistemas y al hombre, el líquido vital, agua (H<sub>2</sub>O), después de ser usada y brindar el servicio, regresa al río Huallaga, a su proceso del ciclo hidrológico y está al no ser tratada daña gravemente al propio cuerpo de agua donde se emite y a todos los seres vivos presentes en el, la calidad del agua se define, comprobando los límites máximos permisibles (LMP) en contraste con los resultados de los análisis de laboratorio (Galindo, 2018).

En los últimos años se ha ido notando e incrementando la contaminación del río Huallaga debido al manejo inadecuado de las aguas residuales en la ciudad de Tingo María.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de trabajo

En el laboratorio de Calidad de Agua, de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de recursos renovables. Los sistemas de filtración de arena lenta se instalaron en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

### Materiales

Vaso precipitado de 500 ml, pipetas, envases de plásticos de 500 mL, 12 baldes de 20 L, Un bidón de plástico de 80 L, tubos de PVC de 1/2 y de 2 plg, guantes de látex

### Insumos

Agua destilada, arena fina, grava, carbón activado, carbón vegetal, mesocarpio de coco (Cocos nucifera,L).

## Equipos

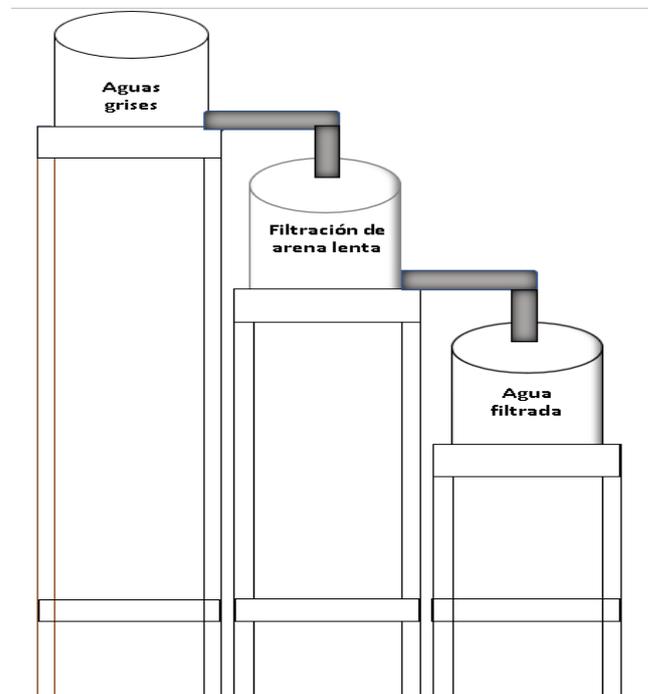
Turbidímetro WTW, multiparámetro HANNA.

## Metodología

### Diseño del filtro

#### Figura 1

Sistema representativo de filtración de arena lenta



Para la construcción del sistema de filtrado lento de arena se utilizó recipientes de plásticos, con una capacidad de 20 litros, tubos de PVC de media pulgada y 2 pulgadas, y pegamento de PVC.

### Diseño metodológico

El presente artículo consiste en el diseño, construcción e instalación de 4 sistemas de filtración de arena lenta, 3 tratamientos (T1, T2 y T3) y 1 testigo (T4), que contiene los siguientes componentes:

T1: Grava grande. Grava pequeña, carbón activado, arena fina.

T2: Grava grande. Grava pequeña, carbón vegetal, arena fina.

T3: Grava grande. Grava pequeña, mesocarpio de coco, arena fina.

T4: Grava grande. Grava pequeña, y arena fina.

A cada sistema se agregó 12 litros de agua para ser filtrada por un promedio de 2 horas. Para obtener datos más confiables, se realizan 4 repeticiones por cada tratamiento mencionado.

### Diseño Experimental

El diseño experimental que se va a utilizar en nuestra investigación es prueba paramétrica de DCA y la de Tukey

para pH y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para OD, conductividad eléctrica, temperatura y turbidez, en este caso, se tiene como variable de respuesta a la turbidez, OD, conductividad eléctrica, temperatura y pH para cada uno de los tratamientos utilizados (carbón activado, carbón vegetal y mesocarpio de coco), las cuales se realizó 4 repeticiones para cada tratamiento. Se realizó la prueba de normalidad en el programa SPSS, con el Shapiro Wilk de cada uno de los indicadores, en dónde se tiene los siguientes valores de p<valor:

### **Turbidez**

0.132>0.05 Se afirma estadísticamente que los errores de turbidez no se ajustan a una distribución normal.

### **pH**

0.007<0.05 Se afirma estadísticamente que los errores de turbidez se ajustan a una distribución normal.

### **OD**

0.064>0.05 Se afirma estadísticamente que los errores de turbidez no se ajustan a una distribución normal.

### **Conductividad**

0.312>0.05 Se afirma estadísticamente que los errores de turbidez no se ajustan a una distribución normal.

### **Temperatura**

0.295>0.05 Se afirma estadísticamente que los errores de turbidez no se ajustan a una distribución normal.

### **Recolección del agua contaminada**

### **Reactivación química del carbón activado**

### **Análisis de laboratorio fisicoquímico**

#### **Tabla 1**

#### *Parámetros fisicoquímicos*

Parámetro	Unidad de Medida	Metodología
pH	Unidad de pH	Método de pHmetro
Turbidez	UNT	Colorímetro, método nefelométrico
Temperatura	°C	Método multiparámetro
Conductividad	uS/cm	Método multiparámetro
Oxígeno disuelto	mg/l	Método multiparámetro

Oxígeno disuelto mg/l Método multiparámetro

### **Análisis estadístico**

### **Procedimiento para la medición de parámetros**

Se siguió los criterios del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, (2016), "Toma de muestras de aguas residuales" con modificaciones acorde a la investigación.

Coger un recipiente de plástico y retirar la tapa, pero sin tocar la superficie interna del frasco.

Para reactivar el carbón activado, se comprende la siguiente operación:

Sumergir el carbón activado en agua destilada durante dos horas.

Para la construcción del sistema de filtrado lento de arena se utilizó recipientes de plásticos, con una capacidad de 20 litros, tubos de PVC de media pulgada y pegamento de PVC.

### **Recolección de agua a tratar**

El presente artículo consiste en la reutilización de estas aguas grises del lavadero de vehículos para el riego de huertas orgánicas y otras áreas verdes. El lavadero de donde se tomó la muestra de agua fue recolectado en el Lavadero "El Chino", ubicado en Brisas, comité 3.

### **Filtración y análisis de la muestra**

El martes 28 de marzo a las 9 am, se obtuvo la primera muestra de agua para ser analizada y filtrada en los sistemas.

Se agregó en cada sistema de filtración 15 litros de agua recolectada del lavadero para posteriormente ser filtrada en un determinado tiempo.

Una vez terminada la filtración, se tomó las muestras finales del agua para llevar en conjunto con las muestras iniciales, al laboratorio de calidad de agua para su posterior análisis de los siguientes parámetros: OD, Turbidez, pH, Temperatura, Olor y color aparente.

El experimento durará aproximadamente un mes, cada semana se realizará el filtrado y el análisis inicial y final del agua.

Antes de coleccionar las muestras, los envases se deben enjuagar dos veces como mínimo con el agua de la fuente.

Coger el envase de 500mL y sumergir el balde con el agua ya filtrada deberá ser llenada hasta donde indica la medida del frasco.

Una vez tomadas las muestras se realizarán las mediciones en el laboratorio de los parámetros fisicoquímicos cómo se mencionan a continuación.

Por su naturaleza cambiante los parámetros deben ser medidos in situ, las cuales nos permite hacer un prediagnóstico del estado del agua: pH (Unidad de pH),

Temperatura (°C), Oxígeno Disuelto (mg/l), Turbidez (NTU) y el color aparente (pt/Co), la medición de estos parámetros mencionados se realizará con el equipo multiparamétrico y por consiguiente debe ser medido la turbiedad.

Los valores obtenidos serán comparados con los valores establecidos por el D.S. N° 004-2017-MINAM, de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua, Categoría 3: Riego de vegetales el cual se visualiza en la siguiente tabla.

Para evaluar la calidad, se utilizarán los siguientes estándares:

**Tabla 2**

*ECA para efluentes para Riego*

Parámetro	Unidad	Para Riego
Conductividad	uS/cm	2500
Oxígeno disuelto	mg/L	4
pH	Unidad de pH	6.5-8.5
Temperatura	°C	3

Fuente: D.S. N° 015-2015-MINAM

También serán contrastados con los Límites Máximos Permisibles, establecido en el DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, que se visualiza en la siguiente tabla.

**Tabla 3**

*Límites máximos permisibles para los efluentes de planta tratamiento de aguas residuales*

Parámetros	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
pH	unidad	6.5-8.5
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron los valores iniciales para cada parámetro de las 4 repeticiones correspondientes de los efluentes de los lavaderos automovilísticos.

**Tabla 4**

*Estadístico descriptivo de los parámetros del Efluente de los lavaderos des*

Tratamiento	Indicadores								
	pH	S	C.V (%)	Turbidez (UNT)	S	C.V (%)	OD (mg/l)	S	C.V (%)
Carbón Vegetal	8,41	0,60	7,07%	19,03	2,90	15,22%	5,893	0,087	1,48%
Carbón Activado	7,21	0,20	2,76%	2,32	0,90	38,78%	5,743	0,191	3,33%
Mesocarpio de Coco	7,21	0,20	2,77%	25,16	5,91	23,49%	6,35	0,467	7,35%
Tratamiento	Ce (us/cm)	S	C.V (%)	T° (C°)	S	C.V (%)			
Carbón Vegetal	1120	126,98	11,34%	26,9	0,271	1,01%			
Carbón Activado	879,75	7,719	0,88%	27,05	0,265	0,98%			
Mesocarpio de Coco	639,75	21,975	3,43%	26,55	0,404	1,52%			

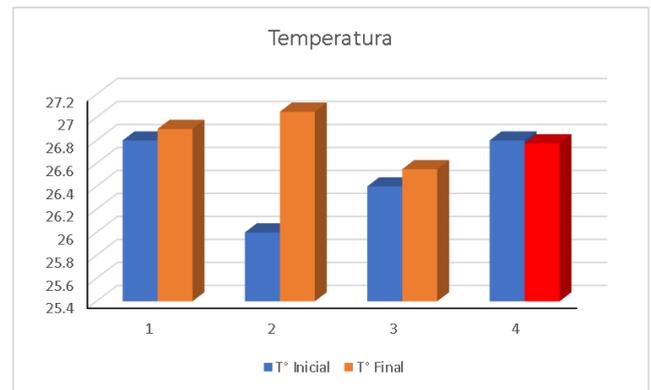
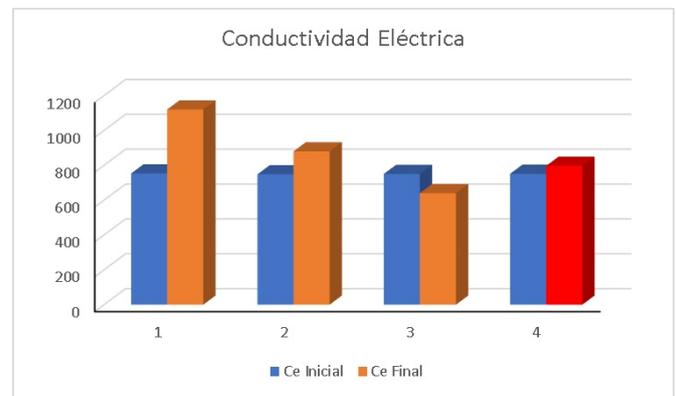
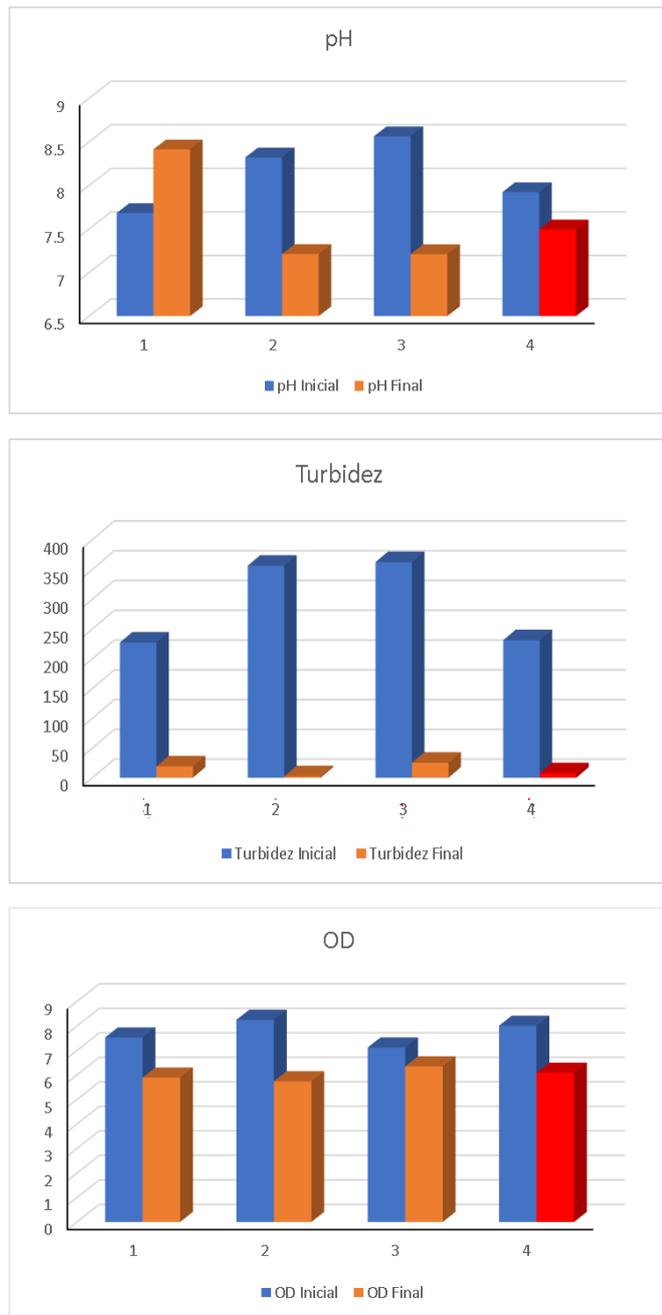
Donde: OD = Oxígeno disuelto, T° = Temperatura, Ce = Conductividad eléctrica, S = Desviación estándar, CV% = Coeficiente de variación

En la Tabla 4, se visualiza el promedio de las 4 repeticiones según los parámetros analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Se obtuvieron los valores finales para cada parámetro de las 4 repeticiones correspondientes de los efluentes de los lavaderos automovilísticos.

**Figura 2**

*Comportamiento de los parámetros antes y después de pasar por cada tratamiento del sistema filtro de arena lento*



Donde: 1 = T1: Grava grande. Grava pequeña, carbón activado, arena fina, 2 = T2: Grava grande. Grava pequeña, carbón vegetal, arena fina, 3 = T3: Grava grande. Grava pequeña, mesocarpio de coco, arena fina, y 4 = T4: Grava grande. Grava pequeña, y arena fina

En la figura 2, se muestra que el pH aumenta para el primer tratamiento y para los otros 2 disminuye, pero cabe recalcar que estos valores se encuentran dentro del rango establecido en los ECAs de efluentes para riego.

Para la turbidez, se observa cómo los valores disminuyen para cada tratamiento, teniendo así una mayor remoción de turbidez, en el tratamiento 2, el que contiene el carbón activado, con 99.35% de remoción.

Para el caso del Oxígeno Disuelto, se observa que los valores promedio medidos, disminuyen en las diferentes repeticiones en base al valor en la homogeneización de la muestra inicial.

Para el caso de la conductividad eléctrica, se muestra que en la cuarta repetición del tratamiento es similar a su valor inicial.

Análisis de varianza para el diseño completamente al azar

**Tabla 5**

*Prueba paramétrica para Ph*

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: pH					
Origen	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	695,356	1	695,356	4807,955	,000
Tratamiento	3,852	2	1,926	13,317	,002
Residuo	0,747	12	0,062		

En la Tabla 5, se observa que los tratamientos tienen diferente comportamiento con respecto al parámetro pH, y son estadísticamente significativos

**Tabla 6**

*Prueba de Tukey para el pH. El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,145*

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Tratamiento 1	Tratamiento 2	1,2013*	,26891	,004	,4504	1,9521
	Tratamiento 3	1,2025*	,26891	,004	,4517	1,9533
Tratamiento 2	Tratamiento 1	-1,2013*	,26891	,004	-1,9521	-,4504
	Tratamiento 3	,0012	,26891	1,000	-,7496	,7521
Tratamiento 3	Tratamiento 1	-1,2025*	,26891	,004	-1,9533	-,4517
	Tratamiento 2	-,0012	,26891	1,000	-,7521	,7496

Análisis de pruebas para datos no paramétricos: OD, Conductividad eléctrica, Temperatura y Turbidez.

**Tabla 7**

*Prueba de Kruskal Wallis*

Prueba de Kruskal Wallis				
	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	OD (mg/l)	Conductividad eléctrica (us/cm)
H de Kruskal-Wallis	4,296	8,769	4,654	9,846
Grado de libertad	2	2	2	2
Sig. asintótica	0,117	0,012	0,098	0,007

En la Tabla 7 se muestra que la variable turbidez y conductividad eléctrica tienen comportamientos significativos estadísticamente, mientras que la variable temperatura y oxígeno disuelto no son significativos estadísticamente.

En la Tabla 4, se visualiza el promedio de los valores finales previos a la aplicación del tratamiento de estas aguas grises del lavadero donde los parámetros analizados del pH, temperatura y conductividad eléctrica (Ce) cumplen con los parámetros establecidos de Límite Máximos Permisibles del DS. N° 004-2017-MINAM y los parámetros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, Categoría 3: Riego. A diferencia de los demás parámetros analizados que sí cumplen con las normativas presentadas, en el caso de Oxígeno Disuelto sobrepasa los parámetros establecidos con un rango de 5,893 a 6,35 mg/l el cual no cumplen con los estándares nacionales de calidad ambiental, categoría 3: para riego; este último se debe a la disminución de la temperatura, porque si se aumenta la temperatura entonces la cantidad de oxígeno disuelto disminuye (Damián, 2019), que determinó que su tratamiento de aguas servía a tal punto de que el agua tratada podría ser usada como agua potable (p.78).

En la investigación de Rondón (2020), tuvo como resultados que al utilizar partículas de 2 mm de diámetro redujo la concentración de la suspensión de 170 mg/l a 53 mg/l, lo que corresponde a una eficiencia del 68,82 %. Por otro lado, la reducción de la concentración de aceite en agua mostró una eficiencia del 98,55%, de lo cual se puede concluir que el material orgánico pulverizado con tamaño de partícula de 2 mm es una alternativa viable.

En nuestro trabajo, el tratamiento con mesocarpio de coco fue el 2do en tener mayor eficiencia, que se determinó en base a pH, esto se debe a que el tamaño de las partículas del mesocarpio de coco, fueron de mayor tamaño, de 4 a 5mm, aun así, se tuvo un buen resultado (p. 65).

Wayne (2018), en su trabajo de investigación menciona que la implementación de este tipo de filtro ayuda a gestionar adecuadamente algunas de las aguas residuales generadas a nivel doméstico, especialmente las aguas grises. Principalmente donde el sistema de alcantarillado no está cubierto y el sistema séptico no está diseñado adecuadamente como un sistema de tratamiento de aguas residuales.

A su vez, el agua purificada se convertirá en un recurso disponible para las actividades ecológicas en los huertos familiares, actualmente limitados por la falta de recursos hídricos para el riego de las plantas típicas de los huertos familiares.

Los resultados iniciales del sistema de tratamiento registrados durante el primer mes de implementación indicaron que las aguas grises tratadas mejoraron la calidad del agua en términos de parámetros in situ como pH, conductividad, turbidez y sólidos disueltos totales. Se concuerda con ello, debido a que, en la región de Huánuco, en las zonas rurales, las familias no tienen acceso a agua, este tratamiento le servirá para reutilizar sus aguas grises (p. 128).

## CONCLUSIONES

Se realizó el tratamiento de aguas grises provenientes del lavadero de automóviles, con los filtros de carbón activado, carbón vegetal y mesocarpio de coco, realizando 4 repeticiones de cada una respectivamente, homogeneizando la muestra para medir el parámetro inicial y los parámetros respuestas de cada tratamiento realizado, donde se obtuvo una eficiencia del 99,35% de remoción de turbidez con el tratamiento con los filtros de carbón activado en las muestras finales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Anaya Meléndez, F., Espinosa Descalzo, E. N., Loayza Pérez, J. E., Zamudio Castillo, R. A., & Yáñez López, M. A. (2022). Diseño De Un Sistema De Tratamiento De Aguas Grises Claras Para Reuso Como Agua De Regadio. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 88(1), 52–62. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i1.375>
- [2] Damian, D. (2019). Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso de lavado de filtros de Epsel S. A. Lambayeque para su aprovechamiento. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2006/1/TL\\_DamianChafloqueDanny.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2006/1/TL_DamianChafloqueDanny.pdf).
- [3] Diaz, K., y Quispe, W. (2021). Determinación de la eficiencia de un filtro lento para tratamiento de aguas grises de lavadora y su reutilización en riego y fines domésticos. UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN. Lima, Peru. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4424/Katherine\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4424/Katherine_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [4] Garzón Zúñiga, M. A., González Zurita, J., & García Barrios, R. (2016). Evaluación de un sistema de tratamiento doméstico para reúso de agua residual. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 32(2), 199–211. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.02.06>
- [5] ONU. (2003). Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Nueva York (EEUU): ONU.
- [6] Rondón Perdomo, A. Y., Castillo Campos, L. A., & Miranda, J. (2021). Use of the coconut shell (Cocos nucifera) as a filtering medium in the water treatment of El Salto oilfield, Venezuela. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1), 125–147. <https://doi.org/10.14482/inde.38.1.628.16>
- [7] Rodríguez-Santos, Josué, Ortiz-Ayoví, Doménica, Rodríguez-Baquerizo, Esther, & Santos-Baquerizo, Eduardo. (2018). Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera. *Revista Lasallista de Investigación*, 15 (2), 118-130. <https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a9>
- [8] Wayne, S. (2018). 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. LOGINN Investigación

- Científica Y Tecnológica, 2(1). <https://doi.org/10.23850/25907441.1662>
- [9] Zanini, J., Deodato Isique, W., Minillo, A., de Carvalho, S. L., Pereira Tangerino, E., Pinê Américo, J. H., & Sánchez Ortiz, I. A. (2014). Remoción del herbicida atrazina utilizando la combinación de filtros lentos de arena y filtros con carbón activado granular. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería Universidad Del Zulia*, 37(2), 125–134. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-07702014000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702014000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)