



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla para
reducir la materia orgánica presente en aguas residuales
domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social -
Huachipa, 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental**

AUTORAS:

Olivera Mejia, Nina (orcid.org/0000-0003-4029-9062)

Taboada Caja, Natalia Paola (orcid.org/0000-0002-2058-9874)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (orcid.org/0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por iluminar mi vida. A mis padres Juan y Delicia por su apoyo incondicional a mis hermanas(os) y familia en general por sus consejos. A todas las personas que me brindaron las facilidades necesarias para poder realizar este trabajo de investigación, porque sin su ayuda no hubiera sido posible hacerlo.

Olivera Mejía, Nina

En primer lugar, a Dios por nunca abandonarme y brindarme la fortaleza necesaria para afrontar las adversidades. A mis queridos padres, Mercedaria e Hipólito, por su constante labor y apoyo, a mis hermanos y en especial a mi hermana Sheyla, por su guía y consejos durante esta compleja etapa universitaria. Finalmente, a BIGBANG, quienes mediante sus canciones me han ayudado en el aspecto emocional.

Taboada Caja, Natalia Paola

Agradecimientos

A Dios por su amor infinito, por nunca desampararnos y por las bendiciones recibidas en estos años.

A nuestro asesor, Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales, por su apoyo incondicional, por su guía académica y por su motivación constante a nunca rendirnos, a luchar por nuestras metas y a superarnos personal y profesionalmente.

A nuestras familias, por ser el soporte y razón de ser de nuestras vidas, por apoyarnos durante toda nuestra etapa universitaria, por los sacrificios realizados a favor del logro de nuestras metas y por siempre motivarnos.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	viii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de la investigación	15
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5. Procedimiento	18
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS.....	32
4.1. Resultados del rendimiento del biocarbón a base de cáscaras de papa.....	32
4.2. Resultados de las propiedades fisicoquímicas de los componentes del biofiltro	32
4.3. Resultados del tiempo de filtración del agua en cada Biofiltro	33
4.4. Resultados iniciales y finales de los parámetros físicos del agua residual doméstica.....	34
4.5. Resultados iniciales y finales de los parámetros químicos del agua residual doméstica.....	48
4.6. Resultados iniciales y finales de los parámetros microbiológicos del agua residual doméstica.....	63
4.7. Resultados de remoción de materia orgánica presente en el agua	75

V.	DISCUSIÓN	77
VI.	CONCLUSIONES	81
VII.	RECOMENDACIONES	82
	REFERENCIAS	83
	ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla 1.	LMP para los efluentes de PTAR	8
Tabla 2.	Distribución de la muestra de agua	16
Tabla 3.	Validación de instrumentos	18
Tabla 4.	Dosis de los componentes para cada biofiltro	26
Tabla 5.	Rendimiento del biocarbón.....	32
Tabla 6.	Propiedades fisicoquímicas de los componentes del biofiltro	33
Tabla 7.	Resultados del tiempo de filtración del agua en cada Biofiltro	33
Tabla 8.	Resultados iniciales y finales de la Temperatura del agua	34
Tabla 9.	Prueba de Normalidad para la Temperatura del agua	36
Tabla 10.	Prueba ANOVA para la Temperatura del agua.....	37
Tabla 11.	Prueba de TUKEY para la Temperatura del agua	38
Tabla 12.	Resultados iniciales y finales de la Turbidez del agua.....	39
Tabla 13.	Prueba de Normalidad para la Turbidez del agua	40
Tabla 14.	Prueba de ANOVA para la Turbidez del agua	41
Tabla 15.	Prueba de TUKEY para la Turbidez del agua.....	42
Tabla 16.	Resultados iniciales y finales de SST en el agua	44
Tabla 17.	Prueba de Normalidad para los SST del agua	45
Tabla 18.	Prueba de Kruskal – Wallis para los SST del agua	46
Tabla 19.	Resultados iniciales y finales del pH del agua.....	48
Tabla 20.	Prueba de Normalidad para el pH	49
Tabla 21.	Prueba de Kruskal – Wallis para el pH	50
Tabla 22.	Resultados iniciales y finales de Aceites y grasas del agua	51
Tabla 23.	Prueba de Normalidad para los aceites y grasas del agua.....	54
Tabla 24.	Prueba de Kruskal – Wallis para los aceites y grasas	55
Tabla 25.	Resultados iniciales y finales de la DQO del agua	56

Tabla 26. Prueba de Normalidad para el DQO.....	57
Tabla 27. Prueba de Kruskal – Wallis para el DQO.....	58
Tabla 28. Resultados iniciales y finales de la DBO ₅ del agua.....	60
Tabla 29. Prueba de Normalidad para la DBO ₅	61
Tabla 30. Prueba de Kruskal – Wallis para la DBO ₅	62
Tabla 31. Resultados de los Coliformes Totales del agua.....	64
Tabla 32. Prueba de Normalidad para los Coliformes Totales del agua.....	65
Tabla 33. Prueba de ANOVA para la los Coliformes Totales del agua.....	66
Tabla 34. Prueba de TUKEY para la los Coliformes Totales del agua.....	68
Tabla 35. Resultados de los Coliformes Termotolerantes del agua.....	69
Tabla 36. Prueba de Normalidad para los Coliformes Termotolerantes del agua.....	71
Tabla 37. Prueba de ANOVA para la los Coliformes Termotolerantes del agua.....	72
Tabla 38. Prueba de TUKEY para la los Coliformes Termotolerantes del agua.....	73
Tabla 39. Remoción de la DQO del agua.....	75
Tabla 40. Remoción de la DBO ₅ del agua.....	76

Índice de Figuras

Figura 1. Procedimiento experimental de la investigación	19
Figura 2. Recolección de residuos orgánicos: a) <i>Recolección de cáscaras de papa</i> , b) <i>Lavado de las cáscaras de papa</i> , c) <i>Tendido de las cáscaras de papa</i> y d) <i>Secado de las cáscaras de papa</i>	20
Figura 3. Pesaje y colocación en estufa BINDER de las cáscaras secas de papa: a) <i>Pesaje de las cáscaras secas de papa</i> , b) <i>Cáscaras secas de papa en estufa BINDER</i> . 21	
Figura 4. Proceso de carbonización: a) <i>Pesaje de las muestras en capsulas de porcelana</i> , b) <i>Colocación de las muestras en mufla</i>	22
Figura 5. Arcilla Expandida o Arlita	22
Figura 6. Arcilla Arlita activada químicamente	23
Figura 7. Prototipo de biofiltros.....	24
Figura 8. Delimitación de la zona de estudio	25
Figura 9. Muestreo de agua residual doméstica: a) <i>Colocación del envase contra corriente</i> , b) <i>Muestra de agua residual doméstica</i>	25
Figura 10. Pesaje de los componentes para cada biofiltro: a) <i>Pesaje del biocarbón</i> , b) <i>Pesaje de la arcilla Arlita</i> , c) <i>Componentes en bolsas ziploc rotuladas</i>	27
Figura 11. Implementación de los biofiltros con las dosis de componentes respectivas: a) <i>Incorporación de los componentes</i> , b) <i>Incorporación del agua a tratar</i>	27
Figura 12. Muestreo de aguas post tratamiento: a) <i>Biofiltros rotulados</i> , b) <i>Recolección de las muestras post tratamiento</i>	28
Figura 13. Variación en porcentajes de la Temperatura del agua.....	35
Figura 14. Variación en porcentajes de la Turbidez del agua	40
Figura 15. Variación en porcentajes de SST en el agua.....	45
Figura 16. Variación en porcentajes del pH del agua	49
Figura 17. Variación en porcentajes de aceites y grasas del agua	53
Figura 18. Variación en porcentajes de la DQO del agua.....	57
Figura 19. Variación en porcentajes de la DBO ₅ del agua	61

Figura 20. Variación en porcentajes de los Coliformes Totales presentes en el agua 65

Figura 21. Variación en porcentajes de los Coliformes Termotolerantes presentes en el agua 70

Resumen

Los biofiltros son sistemas que poseen diferentes zonas de lechos filtrantes para depurar aguas, y pueden ser abióticos y bióticos. La presente investigación tuvo como objetivo reducir la materia orgánica presente en aguas residuales domésticas utilizando biofiltros con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla en diferentes dosis: Biofiltro A (75% biocarbón y 25% arcilla), Biofiltro B (50% biocarbón y 50% arcilla) y Biofiltro C (25% biocarbón y 75% arcilla). Para cada biofiltro se utilizó 1000 mL de agua residual doméstica, y se analizaron los parámetros físicos (temperatura, SST y turbidez), químicos (pH, aceites y grasas, DQO y DBO₅) y microbiológicos (coliformes totales y termotolerantes) del agua antes y después del tratamiento. Los resultados obtenidos se contrastaron con los LMP para efluentes de PTAR. Los tres biofiltros demostraron ser eficientes en la reducción de la materia orgánica, donde los biofiltros A y C registraron una reducción mayor con un 81.07% y 81.13% de la DQO, y una reducción del 76.93% y 76.71% de la DBO₅ respectivamente. Se recomienda usar este tipo de biofiltros para el tratamiento de aguas domésticas.

Palabras Clave : Aguas residuales domésticas, biofiltro, materia orgánica

Abstract

Biofilters are systems that have different filter bed zones to purify water, and they can be abiotic and biotic. The objective of this research was to reduce the organic matter present in domestic wastewater using biofilters with carbon based on potato peels and clay in different doses: Biofilter A (75% biochar and 25% clay), Biofilter B (50% biochar and 50% clay) and Biofilter C (25% biochar and 75% clay). For each biofilter, 1000 mL of domestic wastewater was used, and the physical (temperature, TSS and turbidity), chemical (pH, oils and fats, COD and BOD5) and microbiological (total coliform and thermotolerant coliforms) parameters of the water were analyzed before and after treatment. The results obtained were contrasted with the LMP for WWTP effluents. The three biofilters proved to be efficient in reducing organic matter, where biofilters A and C registered a greater reduction with 81.07% and 81.13% of COD, and a reduction of 76.93% and 76.71% of BOD5 respectively. It is recommended to use this type of biofilters for domestic water treatment.

Keywords: Domestic wastewater, biofilter, organic matter

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país que contiene una gran diversidad de recursos naturales, donde el recurso hídrico se destaca. Según la Organización de la Naciones Unidas (ONU), el Perú ocupa el 8vo lugar en el ranking mundial del agua. Es necesario mencionar que, los recursos hídricos se destacan por su importancia para sustentar la vida, incluyendo las actividades energéticas, industriales, agrícolas y domésticas. Sin embargo, el comportamiento antrópico a estado ocasionando diferentes impactos en el ambiente, especialmente negativos que van desde graves a irreversibles (MINAM, 2021). En los países latinos, uno de los impactos más importantes que se presentan en relación al recurso hídrico es el aumento de aguas residuales generado por el ascenso de la demanda hídrica, donde solo un 30% a 40% de agua captada recibe un tratamiento adecuado (RODRIGUEZ *et al.*, 2020).

La gestión del agua en el Perú sigue siendo un desafío, esto debido a un sistema socio ecológico complejo, donde la demografía y migración hacia las ciudades costeras tienen un impacto significativo en el agua (LUJÁN, 2022). De acuerdo con FERNÁNDEZ (2011), en el territorio peruano aproximadamente 54 m³/s de agua residual sin tratamiento es vertido a aguas superficiales: ríos, lagos, lagunas, etc. Un claro ejemplo de esta realidad es nuestra capital, Lima, donde la población va en ascenso y con ello la necesidad de satisfacer las distintas actividades relacionadas al uso del agua, generándose así las aguas residuales domésticas, que son el resultado de las actividades humanas de origen comercial y residencial (OEFA, 2014). Según el Informe Nacional sobre el estado del Ambiente (2021), del 2016 al 2017 se evidenció un descenso en el volumen de agua residual doméstica vertida sin tratamiento (aproximadamente un 30%), no obstante, desde el 2018 se está observando el aumento paulatino de estos vertimientos. Es por ello que, se vienen imitando, adaptando y creando mecanismos y/o sistemas para poder contrarrestar este ascenso negativo para el ambiente. Es así que, los sistemas de biofiltro se presentan como una alternativa sustentable para ello, debido a su bajo coste y a su accesibilidad de materiales para su elaboración. Sin embargo, aún

continúa la búsqueda por hallar componentes y materiales que ayuden a potenciar estos sistemas, para así lograr una mayor eficiencia en la remoción de los contaminantes.

Así mismo, es importante resaltar la problemática de los residuos sólidos, ya que según World Wildlife Fun (WWF), en el Perú se genera aproximadamente siete millones y medio de toneladas de residuos sólidos por año y más de dos millones de toneladas provienen de Lima. Además, en base a estimaciones de la OEFA, Lima en 20 años generará el doble de residuos sólidos (ORIHUELA, 2018). En un informe del MINAM se menciona que, en el año 2020 se registró que el 76.4% de residuos sólidos estaban conformados por residuos orgánicos e inorgánicos con un 55.7% y un 20.7% respectivamente, y que de ellos solo se llegó a aprovechar el 0.98%. Entonces, se evidencia la falta de conocimiento sobre la reutilización de estos residuos, especialmente de los orgánicos, ya que pueden llegar a ser materia prima para diferentes procesos o productos, como por ejemplo el biocarbón, que es el producto resultante de la descomposición termoquímica de biomasa. Además, este producto mejora la calidad del agua y suelos, ya que posee la capacidad de adsorber contaminantes (PRÉSIGA *et al.*, 2021).

Por lo antes mencionado, en la presente investigación se formula como **problema general**: ¿En qué medida el biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce la materia orgánica presente en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa? Así mismo, se plantean los **problemas específicos**: ¿En qué medida los parámetros físicos en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa son reducidos usando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla?, ¿En qué medida los parámetros químicos en aguas residuales domésticas de de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa son reducidos usando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla?, ¿En qué medida los parámetros microbiológicos en aguas residuales domésticas de de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa son reducidos usando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla?, y ¿Cuál es la eficiencia de remoción de la materia

orgánica presente en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa usando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla?

La **justificación ambiental** de la presente investigación se sustenta en el aprovechamiento de residuos orgánicos para generar un nuevo producto (biocarbón), contribuyendo así a la disminución de la contaminación por residuos orgánicos, ya que muchos de estos residuos terminan en estado de putrefacción en las vías públicas produciendo malos olores y la aparición de vectores. Así mismo, el uso de este nuevo producto (biocarbón) ayuda en la remoción de contaminantes presentes en aguas, aportando positivamente en el tratamiento de las aguas residuales domésticas. La **justificación social** se fundamenta en el beneficio que genera el tratamiento de las aguas residuales para la población, ya que según la calidad del agua tratada puede ser reutilizada en otras actividades, generando así el aumento de la oferta hídrica y con ello también el impulso a realizar buenas prácticas en relación a la gestión del recurso hídrico. La **justificación económica** se apoya en las ventajas del uso del biofiltro en comparación a los sistemas de tratamiento convencionales, siendo el bajo costo de inversión y la accesibilidad a la materia prima para su elaboración los más resaltantes. Además, al reutilizar el agua tratada en otras actividades, también se verá una reducción económica en los recibos de consumo en beneficio de la población, generando un ahorro económico.

Es así que, se plantea como **objetivo general**: Reducir la materia orgánica presente en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa utilizando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla. En el mismo sentido se plantean también los **objetivos específicos**: Determinar la reducción de los parámetros físicos en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa utilizando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla, Determinar la reducción de los parámetros químicos en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa utilizando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla, Determinar la reducción de los parámetros microbiológicos en aguas

residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa utilizando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla, y Determinar la eficiencia de remoción de la materia orgánica presente en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa utilizando biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla.

Así mismo, se plantea como **hipótesis general**: El biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce significativamente la materia orgánica presente en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa. Mientras que las **hipótesis específicas** planteadas son: El biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla reducen en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, El biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, El biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros microbiológicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, y El biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa con arcilla es eficiente en la remoción de materia orgánica presente en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa.

II. MARCO TEÓRICO

Las **aguas residuales** son el resultado de la variación de las condiciones naturales del agua por efecto antropogénico que se da mediante la introducción de sustancias contaminantes de forma directa o indirecta (CUENCA, ALVARADO y CAMACHO, 2012). Generalmente son una mezcla de todos los efluentes generados por las actividades humanas que se eliminan sin tratamiento, causando impactos adversos sobre el ambiente y la salud humana. Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) (2014), las aguas residuales se pueden clasificar por su procedencia en: **Domésticas**, son todos aquellos que provienen de hogares o servicios y se generan principalmente de actividades del hogar. **Municipales**, son el resultado de una mezcla de agua industrial y de lluvia. **Industriales**, son aguas vertidas de establecimientos o instalaciones destinadas a actividades comerciales o industriales, el agua suele contener productos químicos, sustancias tóxicas y residuos industriales.

Para ESPIGARES y PEREZ (1995), las aguas residuales domésticas poseen características relativamente uniformes, sin embargo, las actividades antrópicas que las generan influyen en la variación de dichas características; como son los hábitos de limpieza, alimenticios, etc., por lo que generalmente poseen un alto contenido en grasas, materia orgánica y detergentes. Por ello, SIERRA (2011) sostiene que, es importante conocer las características del agua residual para así poder diseñar, operar y realizar un control de los diferentes tipos de sistemas de tratamientos sobre estos efluentes. En tal sentido, existen dos métodos para poder determinar la concentración de materia orgánica presente en cuerpos de agua: de forma directa, que se da mediante el análisis de carbono orgánico total (COT), y de forma indirecta, que se realiza mediante el análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

Es así que, RAMÍREZ *et al.* (2019), investigaron la remoción de materia orgánica presente en el agua potable mediante el análisis de carbono orgánico total (COT) en muestras del agua tratada cada 3 horas por 24 horas, donde utilizaron carbón activado granular comercial, zeolita activada a 600°C y zeolita natural como

materiales adsorbentes, los resultados evidenciaron una mayor remoción de materia orgánica utilizando zeolita activada y zeolita natural. Por otro lado, GIRÓN (2018), utilizando una cascada artificial con una pendiente de 15°, altura de 1.15 m, un largo de 25 m y un espesor de 0.04 m, buscó reducir la materia orgánica de efluentes domésticos mediante análisis iniciales y finales de la DQO y DBO₅ de los efluentes, logrando en 75 horas una eficiencia de reducción de 89.43% en la DQO y un 81.78% en la DBO₅ del agua.

DÍAS y GONÁZLES (2022), mencionan que, para determinar la calidad del agua es importante considerar el análisis de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos, con ello se permite determinar la idoneidad del agua para un determinado uso. Con respecto a los parámetros físicos, CAMPOS (2003), señala que, la **temperatura** influye directa o indirectamente en diferentes reacciones químicas y bioquímicas que se desarrollan en el agua, además, se encarga de calcular la energía cinética media de las moléculas de agua y su medida se representa en grados Centígrados (°C). GARCÍA *et al.*, (2005), indica que, la **turbidez** se origina por la presencia de materiales en suspensión presentes en el agua que obstaculizan el paso de la luz, y su medida se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Por otro lado, BARRERA (2014) menciona que, los **sólidos suspendidos totales (SST)** representan la cantidad de materia sólida sedimentable o no filtrable que es retenida por un filtro.

En cuanto a los parámetros químicos del agua, SIERRA (2011), señala que, el **pH** indica la intensidad de acidez (ácido) o alcalinidad (básico) del agua, y por análisis químico puede variar entre 0 (valor más ácido), 7 (neutro) y 14 (valor más básico). Otro parámetro químico a considerar son los **aceites y grasas**, sustancias que son insolubles en agua y de naturaleza lipídica, además, originan la generación de natas y espumas (CISTERNA y ARANCIBIA, 2019). La **Demanda química de oxígeno (DQO)** determina la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica mediante la acción de sustancias químicas (GARCÍA *et al.*, 2005). La **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)** estima la cantidad de oxígeno consumido

por una población microbiana durante la degradación de la materia orgánica en función a un determinado tiempo y temperatura (BARRERA, 2014).

En relación a los parámetros microbiológicos del agua, FERNÁNDEZ (2017), menciona que los **coliformes totales**, son un indicador bacteriano, y engloba a todas las bacterias presentes en diferentes medios, incluyendo el suelo, agua, así como en el tracto intestinal de los animales y seres humanos. Estas bacterias, por lo general, son microorganismos patógenos que al permanecer en los medios acuáticos pueden generar diversas enfermedades: fiebre, cólera, disentería, entre otros (ROBERT, 2013). Mientras que, los **coliformes termotolerante**, denominados también coliformes fecales, están conformado por bacterias que toleran temperaturas máximas de 45°C y son propias del tracto gastrointestinal tanto de animales de sangre caliente como del hombre, generalmente están representados por la *Escherichia Coli* (SZEWZYK *et al.*, 2000). Al igual que los coliformes totales, los termotolerantes se detectan y enumeran mediante la técnica del número más probable (NMP).

En los últimos años se han empleado diferentes sistemas para el tratamiento de aguas residuales, donde intervienen procesos físicos, químicos y biológicos. Uno de los sistemas con mayor ingeniería son las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), infraestructuras que incluyen procesos fisicoquímicos y biológicos para eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales con la finalidad de mejorar la calidad del agua para que sean descargadas en quebradas y ríos (MVCS, 2020). En base a ello, la normativa peruana cuenta con el Decreto Supremo N°003-2010 MINAM que aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de PTAR destinados a ser vertidos a cuerpos de agua. Así mismo, este Decreto Supremo conceptualiza a los LMP como “la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”.

Los parámetros considerados en los LMP para efluentes de PTAR se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. LMP para los efluentes de PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos en cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10000
DBO	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	unidad	6.5 – 8.5
SST	mg/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

Es así que, SHAPIAMA (2022), utilizó el método de prueba de jarras con cal como floculante para mejorar la calidad de las aguas de la PTAR Chazuta, donde con 20 g cal/L a 300 rpm/30 seg. logró un 66.59% de remoción de la DQO, y con 30 g cal/L redujo en un 71.22% los SST, disminuyó en un 1.33% la temperatura, removió en un 78.04% los coliformes termotolerantes y el pH aumentó de 7.1 a 7.5, los resultados los contrasto con los LMP para efluentes de PTAR y observó que los coliformes termotolerantes aún sobrepasaban los LMP. Mientras que, TORRES (2021), buscó reducir los coliformes termotolerantes (CTT) en aguas de la PTAR Pampas diseñando humedales artificiales con *Zantedeschia Aethiopica* y analizando tiempos de retención (2 y 4 días), donde con 4 días como tiempo de retención logró disminuir los CTT a 76.67 NMP/100mL, cumpliendo con los LMP para coliformes.

Así mismo, a lo largo de los años se han desarrollado otros sistemas para el tratamiento de las aguas, algunos más complejos que otros y también más amigables con el medio ambiente. Es así que, los biofiltros se presentan como una alternativa sustentable social y ambientalmente, esto debido al bajo costo para su elaboración y su mantenimiento. Water and Sanitation Program (WSP) (2006),

define al **biofiltro** como un sistema que posee diferentes zonas de lechos filtrantes para depurar aguas, estos pueden ser abióticos: gravas, arena, entre otros, y bióticos: microorganismos, especies vegetales. GARCÍA y GRANILLO (2017) señalan que, la adsorción es una de las mejores técnicas en la remoción de contaminantes.

FONFRÍA y RIBAS (1989) mencionan que, la **adsorción** es el proceso por el cual uno o varios componentes de una fase vapor o líquida se adhieren a la superficie de un sólido, es por ello que a este proceso se le atribuye como un fenómeno superficial, donde el sólido es denominado adsorbente y a los componentes (iones, moléculas, átomos) se les denomina adsorbato. La bioadsorción o biosorción hace referencia a la capacidad de un material biológico por captar contaminantes desde una solución acuosa mediante mecanismos metabólicos o fisicoquímicos (CERTUCHA, et al., 2010). De acuerdo con GWENZI *et al.* (2017), el **biocarbón** es un buen adsorbente, ya que por sus características puede remover contaminantes físicos, químicos y biológicos, mejorando así la calidad del suelo y del agua.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) define al biocarbón como el producto sólido con alto contenido de carbono resultante de la conversión termoquímica de la materia orgánica o biomasa en ausencia parcial (gasificación) o total (pirólisis) de oxígeno. Además, posee características y propiedades únicas en función a la materia prima utilizada, el proceso para su elaboración, el enfriamiento y las condiciones de almacenamiento (GUERRA, 2015).

Es así que, ASHFAQ, *et al.* (2022) elaboraron tres bioadsorbentes, el primero fue una biomasa mixta compuesta por cáscaras de plátano, cáscaras de papa y residuos domésticos, el segundo adsorbente fue un biocarbón y el tercero fue un nanocompuesto denominado TiO₂NC. Los bioadsorbentes fueron caracterizados y evaluados para la adsorción de Cr (VI) en diferentes parámetros: pH (1, 3, 5, 7, 10), concentración inicial del metal (10, 20, 40, 60, 80, 10 ppm), tiempo de contacto (30, 60, 120, 180, 240 min). Como resultados obtuvieron que el bioadsorbente TiO₂NC

logró una mayor adsorción del metal pesado (90 mg/L) con una dosis de 1 g, a una concentración de 10 ppm, en un tiempo de 120 min y con un pH 3.

RAMIREZ (2018) elaboró 7 tipos de biocarbón a base de residuos orgánicos municipales para remover materia orgánica en aguas residuales, explica que recolectó 4 kg de materia orgánica (cáscaras de verduras, cáscaras de fruta, cáscaras de huevos y tuza de maíz) y las secó a temperatura ambiente durante 5 días. Luego pasaron por la etapa de pirolisis (de 2 a 2,5 horas), donde logró obtener 1 kg de biocarbón por cada 4 kg de materia orgánica. Después procedió a verter 20 L de agua residual y analizó el DBO y DQO de las muestras durante 7 días con diferente biocarbón. Como resultados obtuvo que, la mayor remoción de DBO (75%) fue en el día 2, y la mayor remoción de DQO (71%) fue en el día 6.

Por otro lado, BORJA (2019) utilizó corteza de papa para reducir la concentración de metales pesados (plomo y cadmio) en aguas de mina, por lo cual dividió su investigación en tres etapas. La primera etapa consistió en realizar un muestreo de 20 L de agua de mina. En la segunda etapa procedió a recolectar 20 kg de corteza de papa (cáscaras) para la elaboración del biocarbón. En la tercera etapa elaboró 3 filtros por donde pasaron las aguas a tratar y definió tres tiempos a controlar (30, 60 y 120 minutos). En los análisis finales evidenció una remoción de plomo al 82% (de 0.8681 mg/L a 0.14 mg/L) y una remoción de cadmio al 24% (de 15,785 mg/L a 11,780 mg/L).

Así mismo, CALDERÓN (2019) elaboró un biofiltro con biochar para remover arsénico presente en aguas subterráneas utilizadas para el consumo humano, para ello realizó un muestreo de 220 mL de agua del pozo subterráneo. Posteriormente inició el proceso de preparación del biocarbón a base de cáscaras de manzana y la elaboración de 4 biofiltros (A, B1, B2 y C). Cada biofiltro conto con 3 capas: grava, carbón activado (biochar) y arena fina, la diferencia de cada biofiltro fue la cantidad de biochar empleado: 0, 0.5, 0.5, 1 kg respectivamente. Logró determinar que, el biofiltro B2 demostró mayor eficiencia, ya que desde el tercer día disminuyó hasta 0.008 mg/L de arsénico.

MUÑOZ (2019) realizó un muestreo de 30 L de agua residual doméstica para efectuar un tratamiento utilizando residuos de linaza y piña. Primero, utilizó un filtro con 200 g de biocarbón de cáscara de piña y analizó los parámetros: pH, potencial redox, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales, sólidos sedimentales totales, sólidos sedimentales disueltos, DBO, DQO, coliformes totales, y coliformes fecales. Luego empleó residuos de linaza a diferentes concentraciones (2.5 g, 5 g, 10 g) como floculantes en la prueba de jarras. En sus resultados identificó que, en la primera fase logró disminuir en un 60% los contaminantes presentes, y en la segunda fase con la menor dosis de floculante (2.5 g) logró un 90% de remoción.

Mientras que, INFANTE (2022) evaluó la remoción de fosfatos en efluentes agrícolas utilizando bacterias aisladas y biocarbón. Para ello realizó un muestreo de 5 L de agua residual y para elaborar el biocarbón utilizó 1,0 a 2,5 mm. como tamaño de partícula de raquis de banano, mientras que las bacterias empleadas fueron la *Escherichia coli strain*, *Citrobacter freundii* y *Citrobacter portucalensis strain*. Luego evaluó la adsorción de fosfatos mediante la prueba de cinética de adsorción usando 1. 3 y 5 g/l de dosis de biocarbón más una solución sintética de fosfato monopotásico. En sus resultados identificó que, la dosis 1 g/L logró una mayor adsorción con 3.58 mg/g y que la bacteria *Citrobacter freundii* logró un 33.15% de remoción.

Para ESCALANTE *et al.* (2016), en la elaboración del biocarbón por lo general se emplea el proceso de pirólisis, ya que intervienen reacciones químicas y físicas a temperaturas distintas, por el cual se transforma la materia orgánica a líquidos viscosos oscuros (bioaceites), a gases y a sólidos (biocarbón). A juicio de BROWNSORT (2009), la pirólisis se puede clasificar según la velocidad del calentamiento en dos tipos: pirólisis lenta y pirolisis rápida. La pirólisis lenta o también denominada convencional se caracteriza por una velocidad pausada del calentamiento de la biomasa, empleando temperaturas alrededor de 500 °C y a tiempos que pueden ser de horas a días, aquí se logra una mayor generación del biocarbón. La pirólisis rápida se diferencia por emplear temperaturas entre los 200

°C y por encima de los 550 °C, además posee tiempos cortos de residencia del vapor, en este proceso se generan principalmente bioaceites y gases potenciales para la elaboración de gasolina o alcoholes, en el caso de la generación de biocarbones, este se da en menores proporciones.

El rendimiento del biocarbón se expresa en porcentaje y se calcula mediante el peso del biocarbón obtenido sobre el peso de la biomasa seca (materia prima), como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\text{Peso del biocarbón}}{\text{Peso de la biomasa seca}} \times 100$$

Por otro lado, los minerales industriales, como la arena, piedra pómez, grava y arcillas también han sido utilizados como materias primas en la mitigación de la contaminación ambiental. Las **arcillas** han demostrado, en los últimos años, ser una excelente alternativa para eliminar contaminantes del agua potable y de las aguas residuales (ANNAN et al. 2018). Las arcillas, por lo general, son materiales inorgánicos, ya que son el resultado de la erosión, diagénesis y meteorización de las rocas que han estado en contacto con agua, vapor o aire. Además, presentan un diámetro inferior a 2 µm, y se componen de silicatos de aluminios hidratados (ANGELONE, 2020).

Es así que, JIMENEZ (2019) empleo 30 kg de arcilla bentonita de diferentes números de malla (N°6, N°10, de 1" y de ½") para reducir el arsénico presente en efluentes del Río Huaycoloro. Para ello, realizó un muestreo de 20L del efluente y elaboró un sistema de filtros, en el primero colocó arcillas de tres tamizados: 6.500 kg de la malla N°6, 3 kg de la malla de 1" y 3 kg de la malla de ½". En el segundo filtro añadió 1kg de la malla de 1", 1 kg de la malla de 1/2" y 0.605 de la malla N°10, el agua resultante del tratamiento fue derivada al laboratorio para un análisis mediante la prueba de jarras, en donde utilizó como floculante el mucilago de la penca de la tuna. Obtuvo como resultado que, con el tercer tratamiento con 1200

mL de agua a pH 12 usando 3 g del floculante logro una reducción de As en un 68.14%.

UNUABONAH *et al.* (2017) utilizaron arcillas híbridas en la desinfección de aguas, donde elaboraron 3 compuestos: (a) 2 g de arcilla de caolinita con semillas de papaya, (b) 2 g de arcilla de caolinita con cáscaras de plátano, (c) 2 g de arcilla de caolinita con 1 g de semillas de papaya y cáscaras de plátano. Posteriormente caracterizaron los materiales obtenidos y realizaron cultivos de cepas de *V. cholerae* y *Salmonella typhimurium*, para luego agregar estrías de bacterias cultivadas a 1,5 L de agua. Finalmente, hallaron que, el compuesto (a) fue el mejor adsorbente bacteriostático ya que logro tratar 3,2 L de agua contaminada con $1,5 \times 10^6$ UFC/mL de bacterias a un caudal de 8 mL/min.

Por otro lado, RODRIGUEZ y ESCOBAR (2018) elaboraron 4 biofiltros de biocarbón con arcilla para potabilizar agua, para ello realizaron un muestreo en dos fuentes de agua: una proveniente de un pozo con presencia de contaminantes y una fuente de agua potable donde en laboratorio se le añadió 1mg/L de plomo y arsénico. Como resultados obtuvieron que, el filtro de biocarbón con arcilla utilizado en el tratamiento del agua de pozo logró una remoción de 95.49% de *Escherichia coli* y un 72.27% de *Pseudomona aeruginosa*. Para los filtros de biocarbón con arcillas empleados en las aguas contaminadas en laboratorio lograron la remoción de plomo en un 99.9% y un 87.84% de arsénico.

KANG *et al.* (2013) realizaron una investigación por lotes y por columnas de arcilla de pirofilita para la adhesión de *Escherichia Coli*. En el experimento por lotes emplearon la pirofilita y la arena de cuarzo en diferentes dosis (3, 5, 10 y 30 g) y en el experimento por columnas utilizaron el método de tap-fill mediante tres columnas rellenas con arena de cuarzo (76,5 +- 4,1 g) y pirofilita (70,5 +- 0,6 g). En el experimento por lotes hallaron que, la remoción de *E. Coli* en pirofilita (94,5 +- 2,0%) fue mayor a la de arena de cuarzo (73,2 +- 0,4%), y en el experimento por columnas la pirofilita en función a la disminución del caudal aumento el porcentaje de remoción de bacterias, logrando un 100% de eliminación a 0.15 mL/min.

DURÁN (2017) investigó el uso de arcillas en la eliminación de contaminantes agrícolas en aguas, donde realizó la selección y modificación de tres tipos de arcilla (SWy-2, SHCa, CTI) con cloruro férrico hexahidratado y materia orgánica soluble (alperujo y quitosano), obteniendo 5 tipos de arcilla: SWFe, SWNa, CTI, SHCa y SHFe. Las arcillas modificadas fueron caracterizadas para analizar su capacidad de adsorción en contaminantes agrícolas: tebuconazol, MCPA, dibenzofurano, terbutilazina y cobre. En sus resultados halló que, las arcillas modificadas con Fe fueron más eficientes adsorbiendo la terbutilazina y tebuconazol, el MCPA y el cobre obtuvieron buenos resultados de adsorción con las arcillas modificadas con quitosano.

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) menciona que, las características principales de las arcillas derivan de: su composición química, estructura en capas, tamaño y capacidad de intercambiar iones, este último depende de la naturaleza de la arcilla, de la población de iones de los sitios de intercambio, de la concentración y composición de la solución en la que se encuentra el material arcilloso. GARCÍA y SUAREZ (2008) señalan que, las principales propiedades fisicoquímicas de la arcilla son: Área superficial, está relacionado con el tamaño de partículas del material. Plasticidad, posee la capacidad de moldearse a una determinada forma por una fuerza externa. Capacidad de adsorción, se puede clasificar en adsorción física o no iónica; donde las grandes áreas superficiales de minerales están comprendidas en pequeños volúmenes, y en adsorción de intercambio iónico: donde se presenta interacción y el intercambio electrostático.

En esta investigación se utilizó una arcilla comercial denominada arcilla expandida o expansiva, también conocida como Arlita o Leca. Este tipo de arcilla es de origen cerámico, se caracteriza por ser ligera en relación al peso y por presentar una estructura altamente porosa. La Arlita es usada como un material aislante (acústico y térmico), sin embargo, por lo general es utilizada para actividades jardinería y viveros (SILVELA, 2009).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, ya que estuvo asociada al uso de variables, donde la variable independiente: Biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla, se utilizó para ensayar experimentalmente distintas dosis de sus componentes sobre la variable dependiente: las aguas residuales domésticas. Donde se evidenció un conjunto de procesos secuenciales que partió desde la revisión teórica a fin de plantear las hipótesis y ser probadas utilizando la estadística, con la finalidad de solucionar el problema de la materia orgánica presente en las aguas residuales domésticas (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA, 2014).

El diseño de la investigación fue experimental con un nivel explicativo, porque se estudió el uso del biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla para remover la materia orgánica presente en las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, y así poder explicar la relación que existe entre ambas variables en un entorno particular, para posteriormente calcular, analizar y asentar la relación causa – efecto entre las variables (TAMAYO, 2003).

3.2. Variables y operacionalización

En esta investigación se establecieron dos variables: una variable independiente y una variable dependiente. Como **variable independiente**: Biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla, y como **variable dependiente**: Materia orgánica en aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa.

La matriz de operacionalización de las variables en mención se visualiza en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población de estudio estuvo conformada por las aguas residuales domésticas generadas en la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, ya que presentaron las mismas características y se buscó conocer su composición física, química y microbiológica (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA, 2014).

Para determinar la muestra se optó por la relación 1:2, es decir, la muestra de agua a tratar por cada biofiltro fue el doble de la muestra de los componentes del biofiltro y en base a ello se determinó la muestra total de agua a realizar, lo cual se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Distribución de la muestra de agua

Relación 1:2			
1		2	
Componentes del biofiltro	Muestra	Agua a tratar	Muestra
Carbón a base de cáscaras de papa	500 gr	Agua residual domestica	1000 mL
Arcilla Arlita			
Muestra total de agua			
Biofiltros	Repeticiones	Muestra de agua (mL)	Total (L)
A	RA1	1000	10
	RA2	1000	
	RA3	1000	
B	RB1	1000	
	RB2	1000	
	RB3	1000	
C	RC1	1000	
	RC2	1000	
	RC3	1000	
Muestra de agua inicial		1000	

Por consiguiente, se realizó un muestreo de 10 L de agua residual doméstica de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa.

3.3.1. Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que según OTZEN y MANTEROLA (2017) esta técnica de muestreo se utiliza cuando la población a estudiar es diversa. Además, representa ventajas como: mayor accesibilidad, menor costo, menor tiempo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada fue la observación, ya que se estudió el comportamiento del biofiltro con diferentes dosis de carbón a base de cáscaras de papa y arcilla en un tiempo determinado para observar la remoción de materia orgánica presente en las aguas residuales domésticas, donde también se emplearon diversos equipos para la obtención de los datos (DIAZ, 2011).

Como instrumentos para la recolección de datos se elaboraron y utilizaron fichas de registro de datos en función a los objetivos de la investigación. Las fichas de registro fueron:

Ficha 1: Características del biofiltro (Anexo 2).

Ficha 2: Parámetros iniciales y finales del agua residual doméstica (Anexo 7).

Estos instrumentos fueron validados por juicio de expertos. ESCOBAR y CUERVO (2008) mencionan que, se debe considerar la formación académica de los expertos, su experiencia y reconocimiento en la comunidad. Por ello, se consideró a 3 docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo y a 1 docente externo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quienes forman parte del Colegio de Ingenieros del Perú y cuentan con más de 5 años de experiencia en el tema. La validación de instrumentos y su valoración por cada experto se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Validación de instrumentos

Docente	Código CIP	Valoración	
		Ficha N°1	Ficha N°2
Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo	25450	85%	85%
Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio	89972	90%	90%
Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio	79862	90%	90%
Msc. Dionisio Montalvo, Franklin	144231	95%	95%
Promedio de validación		90%	90%

Con respecto a la confiabilidad de los instrumentos, SILVA y BRIAN (2006) indican que un instrumento de recolección de datos es confiable cuando se dan resultados iguales obtenidos por la aplicación repetida al mismo objeto. Además, mencionan que la medida de estabilidad (confiabilidad por test-retest) consta en aplicar el mismo instrumento dos o más veces al mismo objeto de estudio después de un periodo de tiempo. Por ello, en esta investigación se realizaron 3 repeticiones en el proceso experimental utilizando los instrumentos con el mismo resultado.

3.5. Procedimiento

La presente investigación se desarrolló siguiendo diferentes pasos, los cuales se han agrupado por etapas que a continuación serán descritas de forma detallada en la Figura 1.

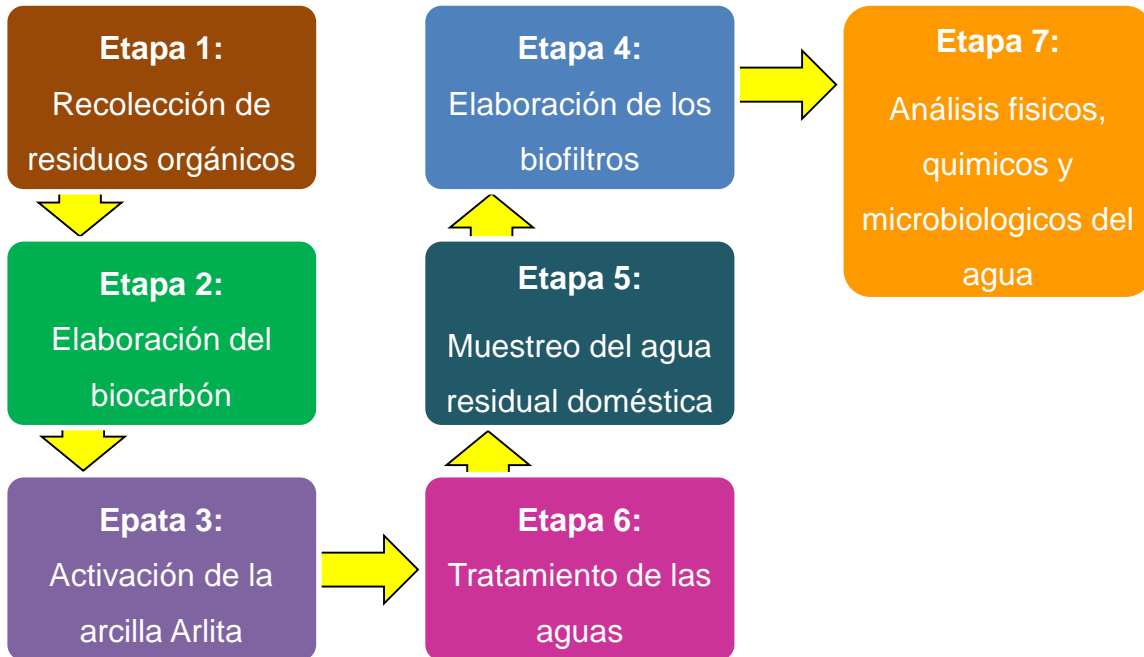


Figura 1. Procedimiento experimental de la investigación

Etapa 1: Recolección de residuos orgánicos

Se recolectó 5 kg de cáscaras de papa de pequeños puestos comercial denominados “carritos sangucheros” durante 6 días, obteniendo en total 30 kg de cáscaras de papa (ver Figura 2a). Luego, las cáscaras fueron lavadas 4 veces de forma consecutiva a fin de retirar otros residuos (tierra, plásticos, entre otros) (ver Figura 2b). Posteriormente, las cáscaras fueron tendidas sobre costales para que sean secadas a temperatura ambiente (ver Figura 2c). El proceso se desarrolló por 40 días y fueron volteadas constantemente para asegurar el secado (ver Figura 2d). Se obtuvieron aproximadamente 6 kg. de cáscaras secas de papa, las cuales pasaron a laboratorio para la elaboración del carbón (biocarbón).



Figura 2. Recolección de residuos orgánicos: a) *Recolección de cáscaras de papa*, b) *Lavado de las cáscaras de papa*, c) *Tendido de las cáscaras de papa* y d) *Secado de las cáscaras de papa*.

Etapa 2: Elaboración del biocarbón

En laboratorio, las cáscaras secas de papa se lavaron con abundante agua destilada para retirar impurezas. Seguidamente, se dejó secar las muestras durante 60 minutos a temperatura ambiente. Luego, las muestras se pesaron en una balanza digital marca OHAUS modelo AV8101 para registrar el peso inicial (ver Figura 3a).

Después, las muestras se colocaron en una estufa marca BINDER a una temperatura de 40 °C durante 24 horas con la finalidad de deshidratar y eliminar la humedad (ver Figura 3b). Posteriormente, las muestras se retiraron y se colocaron en un desecador para protegerlas de la humedad para luego llevarlas a un capsulas de porcelana e iniciar el proceso de carbonización.



Figura 3. Pesaje y colocación en estufa BINDER de las cáscaras secas de papa: a) *Pesaje de las cáscaras secas de papa*, b) *Cáscaras secas de papa en estufa BINDER.*

Para el proceso de carbonización, primero se pesó la capsula de porcelana en una balanza analítica y luego se agregaron las muestras de cáscaras de papa seca (ver Figura 4a). Las capsulas con las muestras se colocaron en una mufla a una temperatura de 800 °C por un periodo de 30 minutos para cada muestra (ver Figura 4b). Transcurrido el tiempo, con la ayuda de una pinza metálica y guantes de cuero, las muestras se retiraron. Se esperó un periodo de 30 minutos para el enfriamiento de las muestras para iniciar el proceso de pulverización.

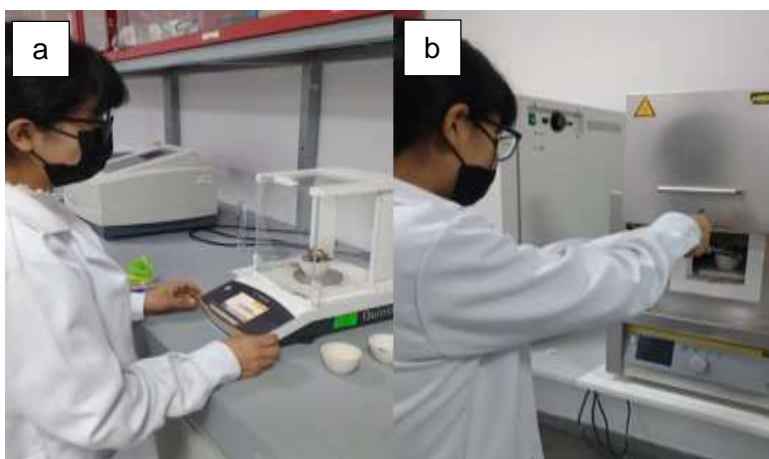


Figura 4. Proceso de carbonización: *a) Pesaje de las muestras en capsulas de porcelana, b) Colocación de las muestras en mufla.*

En el proceso de pulverización se realizó colocando las muestras en un mortero y pilón para triturarlas. Posteriormente, se realizó el proceso de activación y tamizado. Para ello, inicialmente se agregó 1 mL de ácido fosfórico por cada gramo de polvo de cáscaras de papa. Luego se lavó el biocarbón con agua destilada para eliminar los agentes que quedaron. Finalmente, se realizó el tamizado usando el tamiz marca FORNEY de malla número 20 con un diámetro de 850 μm .

Etapa 3: Activación de la arcilla Arlita

Se adquirió 2.5 kg de arcilla Arlita de forma comercial de la tienda viveros y jardinería “Hojita Noma” (ver Figura 5). Posteriormente, la arcilla se llevó a laboratorio para realizar la activación química.



Figura 5. Arcilla Expandida o Arlita

En laboratorio, la arcilla Arlita fue lavada con agua destilada, posteriormente se dejó secar a temperatura ambiente. Luego, se añadió 1 mL de ácido fosfórico por cada gramo de arcilla Arlita. Después, se lavó nuevamente con abundante agua destilada y se dejó secar. Finalmente, la arcilla se colocó en vasos precipitados con capacidad de 2000 mL y 1000 mL y se almacenó en una estufa de secado para protegerlo de la humedad hasta su uso (ver Figura 6).



Figura 6. Arcilla Arlita activada químicamente

Etap 4: Elaboración de los biofiltros

Para la elaboración de los biofiltros se optó por materiales reciclables, para ello se empleó: 3 envases descartables de 3 L, 3 llaves de paso de PVC de $\frac{1}{2}$ " , 3 niples, 1 cinta teflón, 3 jarras de 1000 mL, 1 algodón hidrófilo y 1 cutter.

Se elaboraron 3 biofiltros con diferentes dosis de los componentes (biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla Arlita). Para ello, las 3 botellas a utilizar fueron lavadas con detergente y abundante agua, y se dejaron secar. Luego, con la ayuda de un cutter se procedió a cortar la base de la botella, creando una entrada para poder introducir los componentes del biofiltro. Posteriormente, se colocaron las llaves de paso con los niples en los picos de las botellas y para evitar filtraciones externas se aseguraron con cinta teflón. Finalmente, cada biofiltro se colocó sobre una base de dos colgadores de metal unidos por una cinta de tela satinada. En la Figura 7 se presenta el prototipo de biofiltros utilizado en la presente investigación.

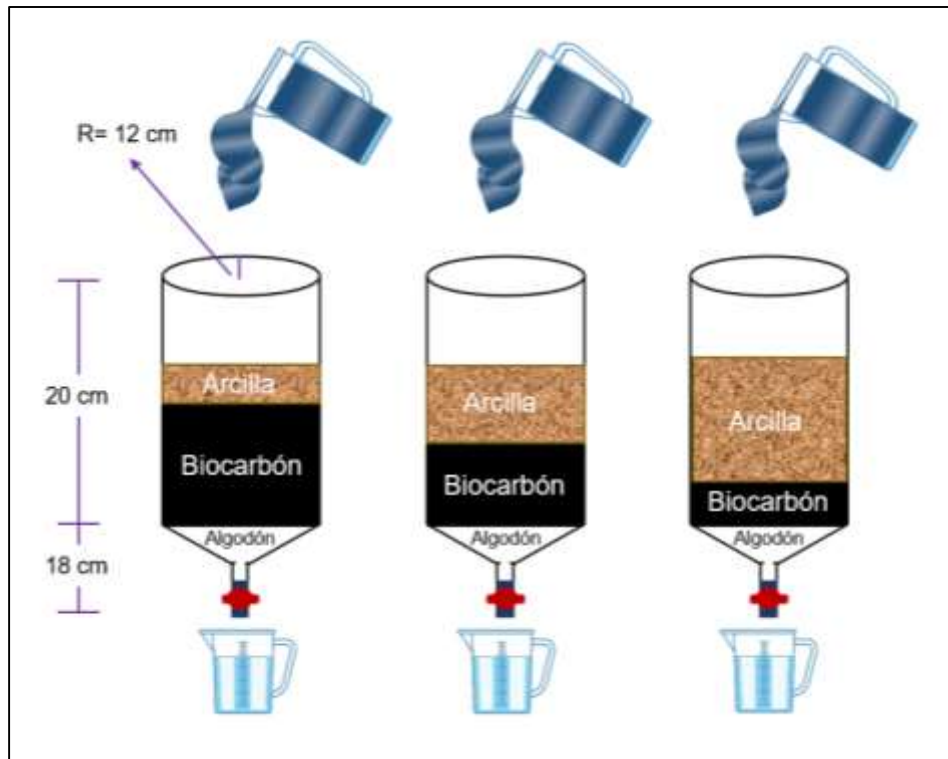


Figura 7. Prototipo de biofiltros

Etapas 5: Muestreo del agua residual doméstica

Para el desarrollo de esta etapa se emplearon: 2 pares de guantes de nitrilo, 2 guardapolvos, 2 mascarillas quirúrgicas, 1 envase de 1000 mL, 1 envase de 100 mL y 1 cooler de 15 litros.

Primero, se procedió a identificar la zona de estudio: Asociación Agricultores Dignidad Social, la cual se delimito mediante una visita a campo y utilizando el programa Google Earth se trazó un polígono sobre la zona de estudio y se identificó un punto determinado para realizar el muestreo (ver Figura 9).



Figura 8. Delimitación de la zona de estudio

Luego, se procedió a realizar un muestreo de 10 litros de agua residual doméstica, para ello los envases se colocaron contra corriente para recolectar la muestra (ver Figura 9a), estas muestras se recolectaron en envases de 100 y 1000 mL (ver Figura 9b).



Figura 9. Muestreo de agua residual doméstica: *a) Colocación del envase contra corriente, b) Muestra de agua residual doméstica.*

Etapa 6: Tratamiento de las aguas

En esta etapa se procedió a implementar cada biofiltro con las diferentes dosis de los componentes, como se detalla en la Tabla 4:

Tabla 4. Dosis de los componentes para cada biofiltro

Componentes	Biofiltro					
	Biofiltro A		Biofiltro B		Biofiltro C	
	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)	Porcentaje (%)	Peso (g)
Biocarbón a base de cáscaras de papa	75	375	50	250	25	125
Arcilla Arlita	25	125	50	250	75	375

Para ello, previamente en laboratorio se pesaron las muestras de biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla Arlita (ver Figura 10a y 10b). Luego, se almacenaron en bolsas ziploc rotuladas (ver Figura 10c) y se llevaron a los biofiltros para iniciar el tratamiento.

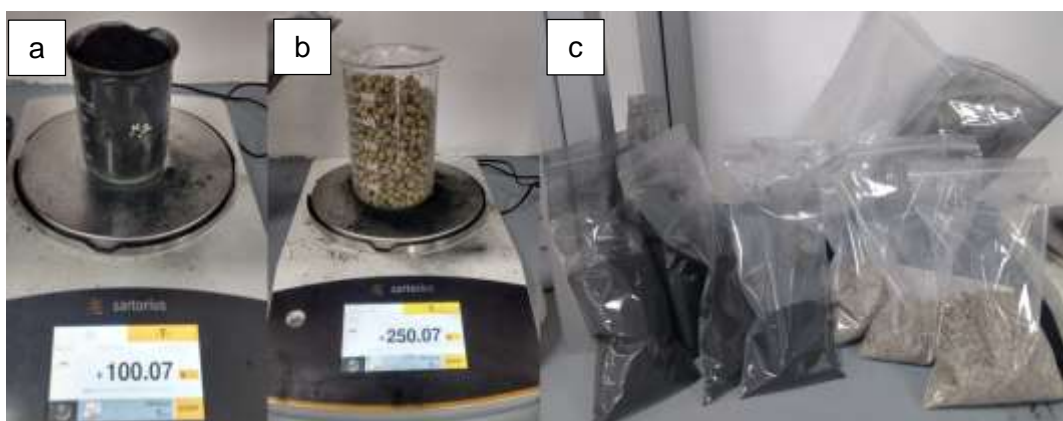


Figura 10. Pesaje de los componentes para cada biofiltro: a) *Pesaje del biocarbón*, b) *Pesaje de la arcilla Arlita*, c) *Componentes en bolsas ziploc rotuladas*

Posteriormente, se procedió a implementar cada biofiltro con las dosis de componentes según la Tabla 1, previamente se colocó una pequeña capa de algodón como base de los biofiltros (ver Figura 11a). Seguidamente, se vertió 1000 mL de agua residual doméstica en cada biofiltro y se controló el tiempo de filtración (ver Figura 11b).



Figura 11. Implementación de los biofiltros con las dosis de componentes respectivas: a) *Incorporación de los componentes*, b) *Incorporación del agua a tratar*.

Cada biofiltro fue rotulado (ver Figura 12a), y al terminar la filtración, se recolectó 500 mL de agua tratada de cada biofiltro en envases de 1000 mL, previamente esterilizados y rotulados (ver Figura 12b). Estas muestras post tratamiento fueron colocadas en un cooler con hielo (para conservar sus características) y llevadas al laboratorio de química de la Universidad César Vallejo para realizar los análisis respectivos.



Figura 12. Muestreo de aguas post tratamiento: a) *Biofiltros rotulados*, b) *Recolección de las muestras post tratamiento.*

Etapa 7: Análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua residual doméstica post tratamiento

Análisis de turbidez:

Para este análisis se utilizó el turbidímetro marca HANNA modelo HI83414. Primero, se agitó la muestra a medir y se procedió a verter en un frasco para medir la turbidez, donde nuevamente se agitó la muestra y se ingresó al turbidímetro para realizar las lecturas correspondientes. El mismo procedimiento se realizó con las 3 muestras de agua de cada biofiltro.

Análisis de temperatura:

En el análisis de temperatura se utilizó el multiparámetro marca HANNA. En primer lugar, se vertió 150 mL de cada muestra de agua de los biofiltros correspondientes en 3 vasos precipitados de 250 mL. Seguidamente se ingresó la sonda de temperatura y se procedió a registrar los resultados.

Análisis de sólidos suspendidos totales:

Para este análisis se utilizó el equipo de filtración con bomba de vacío marca ROCKER 300. Primero, se realizó el pesaje de 3 placas de vidrio para luego añadir los papeles filtros y registrar los datos. Luego, cada muestra de agua se agitó y se vertió 200 mL en 3 diferentes probetas de 250 mL. Posteriormente, se colocó el primer papel filtro en el equipo de filtración y se procedió a verter la primera sub muestra de agua para luego encender el equipo y esperar la filtración total del agua. Este procedimiento se realizó de igual forma para las otras 2 sub muestras. Al terminar la filtración, se procedió a retirar los papeles filtros, se colocaron en las placas de vidrio y se llevaron a la estufa a una temperatura de 105 °C por 12 horas. Finalizado el tiempo, se retiraron las placas, se procedió a realizar el pesaje de los papeles filtros y se registraron los resultados.

Análisis de pH:

Para analizar el pH se utilizó el multiparámetro marca HANNA. En primer lugar, en 3 vasos precipitados de 250 mL se vertió por separado 150 mL de cada muestra de agua de los 3 biofiltros. Posteriormente se ingresó la sonda del pH para realizar la lectura y se esperó hasta que esté estable la lectura para registrar las medidas.

Análisis de aceites y grasas:

El análisis de aceites y grasas se realizó mediante la técnica de gravimetría. El proceso se inició vertiendo 100 mL de agua y se depositó en una pera de decantación, se añadió 10 mL de hexano como reactivo. Luego se procedió a agitar la pera de decantación por 5 minutos, se colocó en su estructura de soporte y se dejó reposar por 10 minutos para realizar la evacuación del agua, y en un matraz de Erlenmeyer se dejó evacuar lo restante (aceites y grasas con hexano). Posteriormente, se llevó la solución a baño María para eliminar la concentración de hexano, para luego pasar al proceso de secado y finalmente realizar el pesaje del Erlenmeyer para determinar la disminución del parámetro de aceites y grasas.

Análisis de demanda química de oxígeno (DQO):

En este análisis se utilizaron 2 reactivos: solución de digestión y solución de ácido sulfúrico. Primero, en una fiola de 1000 mL se vertió 1.5 mL de la solución de digestión, 3.5 mL de la solución de ácido sulfúrico y 2.5 mL de la muestra de agua. Luego, para realizar la lectura, por defecto del equipo primero se realizó la lectura de una muestra en blanco, para ello se añadió agua destilada en un tubo vial y se llevó al equipo termoreactor de DQO marca HANNA modelo HI839800 hasta que alcance una temperatura de 150 °C y descienda por 2 horas. Transcurrido el tiempo, con ayuda de una pinza metálica se retiró el tubo vial, se dejó enfriar el equipo por 10 minutos y luego se ingresó el tubo vial con la solución a analizar, realizando el mismo proceso de la muestra blanca.

Análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅):

Para este análisis se utilizaron 4 reactivos: solución de sulfato de magnesio, solución de cloruro férrico, soluto de cloruro de calcio y solución amortiguadora o buffer. Primero, en dos fiolas de 1000 mL se colocaron 2 mL de cada reactivo y se enrazaron con agua destilada. Luego, se agitó cada solución, se vertieron en 1 frasco Winkler respectivamente, evitando que queden burbujas dentro de los frascos y se añadió la solución restante de la fiola hasta llenar cada frasco Winkler y sellarla con el tapón. Posteriormente, se dio lectura a la concentración de oxígeno disuelto de la muestra en blanco y la otra muestra se llevó a la incubadora a una temperatura de 21 °C durante 5 días. Finalizado el periodo de incubación, se retiró la muestra y se dio lectura de la concentración de oxígeno disuelto. Este procedimiento se realizó con cada muestra de los 3 biofiltros y mediante la fórmula de DBO₅ se obtuvieron los resultados finales.

Análisis de coliformes totales y termotolerantes:

El análisis de coliformes totales conlleva a un procedimiento largo y minucioso, por lo cual fue realizado por el encargado de laboratorio de química de la UCV sede Los Olivos. Para este análisis se utilizó como medio de aislamiento el caldo Lauril Triptosa (CLT), y como soluciones se emplearon: caldo Lactosa Bilis Verde Brillante

y Caldo Escherichia Coli (EC). En primer lugar, se realizó la prueba presuntiva para identificar a las bacterias gram positivas, luego se realizó la prueba confirmatoria.

3.6. Método de análisis de datos

En el análisis de los datos obtenidos se utilizaron: el software estadístico IBM SPSS y el software de hojas de cálculo Microsoft Excel 2016. El software Excel se empleó para graficar de forma didáctica los resultados obtenidos en esta investigación, y mediante el software estadístico IBM SPSS se gestionaron los datos cuantitativos para así poder realizar la validación de las hipótesis.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación se desarrolló siguiendo la normativa vigente sobre productos de investigación de nuestra casa de estudios, la Universidad César Vallejo. Además, se ha citado correctamente a los autores que anteceden a esta investigación, siguiendo el formato citas y referencias bibliográficas de la segunda versión de la norma ISO 690. Por consiguiente, la presente investigación no presenta índices de plagio, ya que es de auditoria original por parte de las autoras.

IV. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

4.1. Resultados del rendimiento del biocarbón a base de cáscaras de papa

El rendimiento del biocarbón se determinó mediante los datos del peso de la biomasa seca (cáscaras de papa) y el peso final del biocarbón después del proceso en laboratorio. Los resultados del rendimiento del biocarbón se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Rendimiento del biocarbón

Peso de la biomasa seca (g)	Peso del biocarbón (g)	Fórmula del rendimiento	Rendimiento del biocarbón (%)
5493.54	2201.97	$R = \frac{\text{Peso del biocarbón}}{\text{Peso de la biomasa seca}} \times 100$ $R = \frac{2201.97}{5493.54} \times 100$	40.08

A partir de la Tabla 5 se observó que, el rendimiento del biocarbón a base de cáscaras de papa fue del 40.08%.

4.2. Resultados de las propiedades fisicoquímicas de los componentes del biofiltro

Las propiedades fisicoquímicas de los componentes del biofiltro: biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla Arlita se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas de los componentes del biofiltro

Componentes	Porosidad (%)	Granulometría (mm)	Humedad (%)	Materia Orgánica (%)
Biocarbón a base de cáscaras de papas	0.63	0.85	72	87
Arcilla Arlita	-	8	-	-

Mediante la Tabla 6 se evidenció que, el biocarbón a base de cáscaras de papa contó con una mayor caracterización de sus propiedades fisicoquímicas, ya que el proceso para su elaboración se realizó en laboratorio, obteniendo así una porosidad de 0.63%, una granulometría de 0.85 mm, 72% y 87% de humedad y materia orgánica respectivamente. Mientras que la arcilla Arlita se adquirió de forma comercial, contando con una granulometría de 8 mm.

4.3. Resultados del tiempo de filtración del agua en cada Biofiltro

Los resultados del tiempo de filtración del agua en cada biofiltro se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados del tiempo de filtración del agua en cada Biofiltro

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Tiempo de filtración del agua (min)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	60
		RA2	68
		RA3	65
		Promedio	64.3
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	75
		RB2	80
		RB3	76
		Promedio	77
C		RC1	88
		RC2	90

	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC3	96
		Promedio	91.3

A través de la Tabla 7 se observó que, el Biofiltro A presentó un tiempo de filtración más rápido con un promedio de 64.3 min, mientras que el Biofiltro C registro un mayor tiempo de filtración con un promedio de 91.3 minutos, por su parte el Biofiltro B conto un tiempo de filtración promedio de 77 min.

4.4. Resultados iniciales y finales de los parámetros físicos del agua residual doméstica

Para el análisis de los parámetros físicos del agua residual doméstica se tomaron en cuenta el parámetro de la temperatura, la turbidez y los sólidos suspendidos totales. En la Tabla 8 se presentan los resultados de la temperatura del agua.

Tabla 8. Resultados iniciales y finales de la Temperatura del agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (°C)	Después del tratamiento (°C)	Aumento de la temperatura (°C)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	19.0	19.4	0.4
		RA2	19.0	19.4	
		RA3	19.0	19.4	
		Promedio	19.0	19.4	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	19.0	19.6	0.6
		RB2	19.0	19.6	
		RB3	19.0	19.6	
		Promedio	19.0	19.6	
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC1	19.0	19.6	0.6
		RC2	19.0	19.6	
		RC3	19.0	19.6	
		Promedio	19.0	19.6	

Mediante la Tabla 8 se evidenció que, antes del tratamiento la temperatura del agua registró una lectura de 19.0 °C y posterior al tratamiento con los biofiltros registró un aumento leve, especialmente en el Biofiltro B y C, los cuales registraron un aumento de 0.6°C respectivamente, mientras que el Biofiltro A registró un ascenso en la temperatura del agua de 0.4°C.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 13) para apreciar de forma didáctica la variación de la temperatura del agua durante el desarrollo de la investigación.

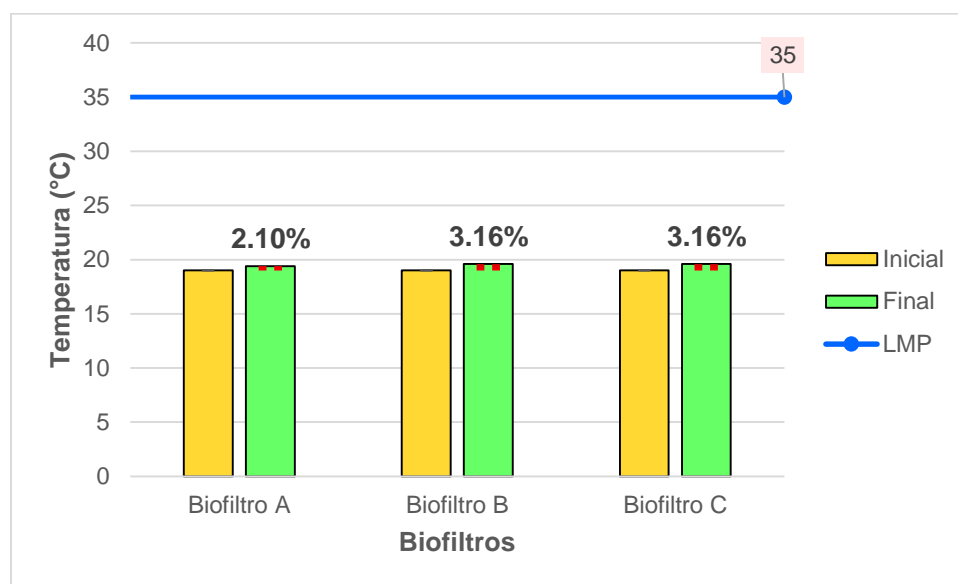


Figura 13. Variación en porcentajes de la Temperatura del agua

En la Figura 13 se muestra la variación de la temperatura del agua en porcentajes, donde las temperaturas de las aguas de los Biofiltros B y C ascendieron en un 3.16% (de 19.0°C a 19.6°C), rango superior al ascenso en la temperatura del agua del Biofiltro A, el cual registró un ascenso del 2.10% (de 19.0°C a 19.4°C). Así mismo, se contrasta con el valor del LMP para efluentes de PTAR, el cual indica que la temperatura debe ser menor a 35°C. Evidenciándose así que, si se cumple con dicha normativa, ya que los rangos de temperatura del agua registrados después del tratamiento fueron inferiores.

Para la prueba de normalidad de la temperatura del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9. Prueba de Normalidad para la Temperatura del agua

Prueba de normalidad				
	Biofiltro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Temperatura	Inicio	,987	3	,780
	Biofiltro A	,818	3	,157
	Biofiltro B	1,000	3	1,000
	Biofiltro C	,750	3	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 9 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de la temperatura del agua fueron mayores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H1: Los datos proceden de una distribución normal

Ho: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue mayor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: Los datos proceden de una distribución normal.

Así mismo, se procedió a aplicar la prueba ANOVA, la cual se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10. Prueba ANOVA para la Temperatura del agua

ANOVA					
Temperatura					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,411	3	,137	5,120	,029
Dentro de grupos	,214	8	,027		
Total	,625	11			

En la Tabla 10 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de la temperatura del agua son menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: El biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto a la temperatura.

H1: El biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a la temperatura.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: El biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a la temperatura.

Así mismo, se realizó la comparación entre los tratamientos mediante la Prueba de Tukey, la cual se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11. Prueba de TUKEY para la Temperatura del agua

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Temperatura						
HSD Tukey						
(I) Biofiltro	(J) Biofiltro	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicio	Biofiltro A	-,16333	,13356	,631	-,5910	,2644
	Biofiltro B	-,43333*	,13356	,047	-,8610	-,0056
	Biofiltro C	-,43333*	,13356	,047	-,8610	-,0056
Biofiltro A	Inicio	,16333	,13356	,631	-,2644	,5910
	Biofiltro B	-,27000	,13356	,257	-,6977	,1577
	Biofiltro C	-,27000	,13356	,257	-,6977	,1577
Biofiltro B	Inicio	,43333*	,13356	,047	,0056	,8610
	Biofiltro A	,27000	,13356	,257	-,1577	,6977
	Biofiltro C	,00000	,13356	1,000	-,4277	,4277
Biofiltro C	Inicio	,43333*	,13356	,047	,0056	,8610
	Biofiltro A	,27000	,13356	,257	-,1577	,6977
	Biofiltro B	,00000	,13356	1,000	-,4277	,4277

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Mediante la Tabla 11 se observan los datos obtenidos de la temperatura del agua antes y después del tratamiento con sus respectivas repeticiones por cada biofiltro. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: No existe un cambio en la temperatura del agua tras el uso de los biofiltros.

H1: Existe un cambio en la temperatura del agua tras el uso de los biofiltros.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: Existe un cambio en la temperatura del agua tras el uso de los biofiltros.

Por otro lado, en la Tabla 12 se presentan los resultados de la turbidez del agua.

Tabla 12. Resultados iniciales y finales de la Turbidez del agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (NTU)	Después del tratamiento (NTU)	Reducción (NTU)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	314	24.2	289.7
		RA2	314	24.6	
		RA3	314	24.2	
		Promedio	314	24.3	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	314	19.7	294.44
		RB2	314	19.5	
		RB3	314	19.5	
		Promedio	314	19.56	
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC1	314	21.3	292.53
		RC2	314	21.3	
		RC3	314	21.8	
		Promedio	314	21.47	

Mediante la Tabla 12 se observó que, el agua antes del tratamiento registró una turbidez de 314 NTU y después del tratamiento con los biofiltros se registraron disminuciones considerables de hasta 294.44 NTU (Biofiltro B).

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 14) para apreciar de forma didáctica la variación de la turbidez del agua durante el desarrollo de la investigación.

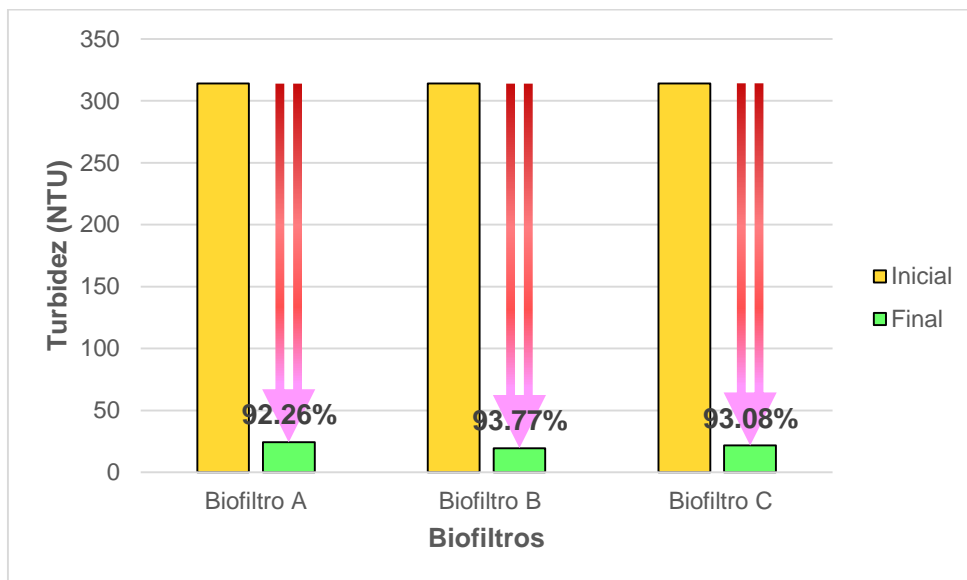


Figura 14. Variación en porcentajes de la Turbidez del agua

En la figura 14 se evidencia una variación significativa y positiva en la concentración de la turbidez del agua después del tratamiento con los biofiltros, donde el Biofiltro A registró el menor porcentaje de reducción con un 92.26% (de 314 a 24.3 NTU), seguido del Biofiltro B con una reducción del 93.77% (de 314 a 19.56 NTU), mientras que el Biofiltro C logró una mayor reducción de turbidez con un 93.08% (de 314 a 21.47 NTU).

Para la prueba de normalidad de la turbidez del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13. Prueba de Normalidad para la Turbidez del agua

Prueba de normalidad				
Biofiltro	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	

Turbidez	Inicio	,987	3	,780
	Biofiltro A	,923	3	,463
	Biofiltro B	,949	3	,567
	Biofiltro C	,750	3	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 13 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de la turbidez del agua fueron mayores al 5%. Por lo cual se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H1: Los datos proceden de una distribución normal

Ho: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue mayor a 0.05. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: Los datos proceden de una distribución normal.

Así mismo, se procedió a aplicar la prueba ANOVA, la cual se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14. Prueba de ANOVA para la Turbidez del agua

ANOVA					
Turbidez					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	192571,457	3	64190,486	39681,728	,000
Dentro de grupos	12,941	8	1,618		

Total	192584,398	11			
-------	------------	----	--	--	--

En la Tabla 14 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de la temperatura del agua son menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto a la turbidez.

H1: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a la turbidez.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a la turbidez.

Así mismo, se realizó la comparación entre los tratamientos mediante la Prueba de Tukey, la cual se detalla en la Tabla 15.

Tabla 15. Prueba de TUKEY para la Turbidez del agua

Comparaciones múltiples
Variable dependiente: Turbidez
HSD Tukey

(I) Biofiltro	(J) Biofiltro	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicio	Biofiltro A	289,96667*	1,03847	,000	286,6411	293,2922
	Biofiltro B	294,74667*	1,03847	,000	291,4211	298,0722
	Biofiltro C	292,86667*	1,03847	,000	289,5411	296,1922
Biofiltro A	Inicio	-289,96667*	1,03847	,000	-293,2922	-286,6411
	Biofiltro B	4,78000*	1,03847	,008	1,4544	8,1056
	Biofiltro C	2,90000	1,03847	,089	-,4256	6,2256
Biofiltro B	Inicio	-294,74667*	1,03847	,000	-298,0722	-291,4211
	Biofiltro A	-4,78000*	1,03847	,008	-8,1056	-1,4544
	Biofiltro C	-1,88000	1,03847	,335	-5,2056	1,4456
Biofiltro C	Inicio	-292,86667*	1,03847	,000	-296,1922	-289,5411
	Biofiltro A	-2,90000	1,03847	,089	-6,2256	,4256
	Biofiltro B	1,88000	1,03847	,335	-1,4456	5,2056

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Mediante la Tabla 15 se observan los datos obtenidos de la temperatura del agua antes y después del tratamiento con sus respectivas repeticiones por cada biofiltro. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H₀: Existe un cambio negativo en la turbidez del agua tras el uso de los biofiltros.

H₁: Existe un cambio positivo en la turbidez del agua tras el uso de los biofiltros.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. > 0.05. aceptamos la **H₀**

sig. < 0.05. aceptamos la **H₁**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue menor a **0,05**. Por consiguiente, se aceptó la **H₁**: Existe un cambio positivo tras el uso de los biofiltros.

Con respecto a los sólidos suspendidos totales del agua, en la Tabla 16 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 16. Resultados iniciales y finales de SST en el agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)	Reducción (mg/L)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	218	33.4	184.47
		RA2	218	33.4	
		RA3	218	33.8	
		Promedio	218	33.53	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	218	29.2	188.67
		RB2	218	29.2	
		RB3	218	29.6	
		Promedio	218	29.33	
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC1	218	29.7	188.44
		RC2	218	29.5	
		RC3	218	29.5	
		Promedio	218	29.56	

Mediante la Tabla 16 se observó que, la concentración inicial de SST del agua fue de 218 mg/L y después del tratamiento con los biofiltros se logró una disminución máxima en el Biofiltro B de con una reducción de 188.67 mg/L.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 15) para apreciar de forma didáctica la variación de los SST del agua durante el desarrollo de la investigación.

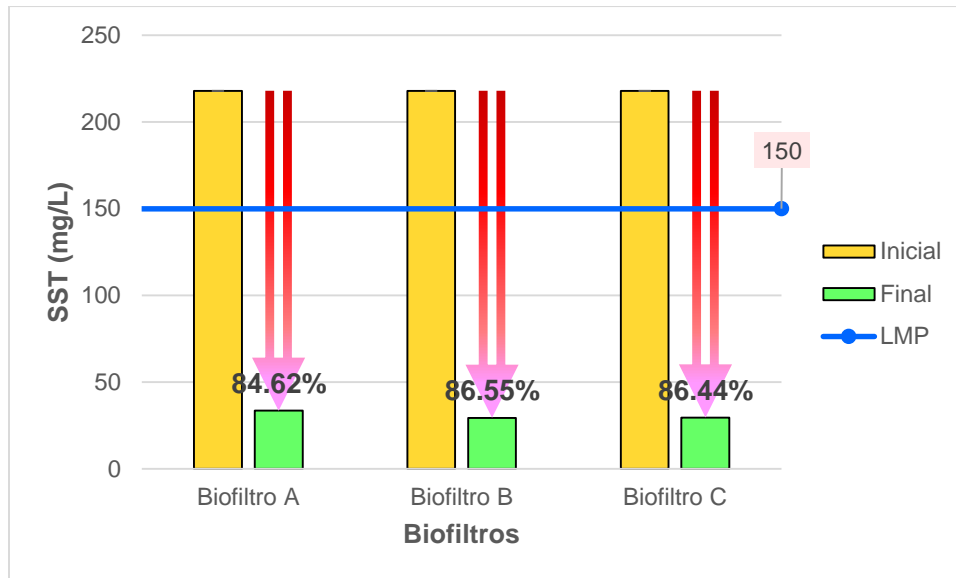


Figura 15. Variación en porcentajes de SST en el agua

En la Figura 15 se evidencia la variación en porcentajes para los SST del agua después del tratamiento con los biofiltros, donde el Biofiltro A logró una reducción del 84.62% (218 a 33.53 mg/L), seguido del Biofiltro C con una reducción del 86.44% (de 218 a 29.56 mg/L), mientras que el Biofiltro B logró una reducción mayor con un 86.55% (de 218 a 29.33 mg/L). Así mismo, se contrasta con el valor del LMP para efluentes de PTAR, el cual indica que la concentración de SST en el agua no debe exceder los 150 mg/L, y como se observa todas las aguas resultantes del tratamiento cumplen con la normativa, ya que los rangos de SST en el agua se encuentran muy por debajo.

Para la prueba de normalidad de la temperatura del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17. Prueba de Normalidad para los SST del agua

Prueba de normalidad				
	Biofiltro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	Inicio	,987	3	,780

Sólidos Suspendidos Totales	Biofiltro A	,750	3	,000
	Biofiltro B	,750	3	,000
	Biofiltro C	,750	3	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 17 se observó que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de los SST del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la **prueba de hipótesis**:

H1: Los datos proceden de una distribución normal

H0: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0,05. Aceptamos la **H1**

sig. > 0,05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue menor a **0,05**. Por consiguiente, se aceptó la **Ho**: los datos no proceden de una distribución normal.

Al no presentar una distribución normal se procedió a aplicar la Prueba de Kruskal – Wallis, la cual se detalla en la Tabla 18.

Tabla 18. Prueba de Kruskal – Wallis para los SST del agua

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	Sólidos suspendidos
H de Kruskal-Wallis	3,971
gl	1
Sig. asintótica	,046

a. Prueba de Kruskal Wallis
b. Variable de agrupación: Biofiltro

Mediante la Tabla 18 se observó que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de los SST del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto a los sólidos suspendidos totales.

H1: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a los sólidos suspendidos totales.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue menor a **0,05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1** El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a los sólidos suspendidos totales.

4.5. Resultados iniciales y finales de los parámetros químicos del agua residual doméstica

Para el análisis de los parámetros químicos del agua residual doméstica se tomaron en cuenta el parámetro del pH, los aceites y grasas, la DQO y la DBO₅. En la Tabla 19 se presentan los resultados del pH del agua.

Tabla 19. Resultados iniciales y finales del pH del agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (pH)	Después del tratamiento (pH)	Aumento de pH
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	6.465	7.72	1.265
		RA2	6.465	7.72	
		RA3	6.465	7.75	
		Promedio	6.465	7.73	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	6.465	7.22	0.765
		RB2	6.465	7.24	
		RB3	6.465	7.24	
		Promedio	6.465	7.23	
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC1	6.465	7.03	0.575
		RC2	6.465	7.03	
		RC3	6.465	7.06	
		Promedio	6.465	7.04	

Mediante la Tabla 19 se observan los resultados iniciales y finales de la lectura del pH del agua antes y después del tratamiento con los biofiltros, donde se registró 6.465 como pH inicial y se evidenció un aumento máximo de 1.265 en el pH del agua.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 16) para apreciar de forma didáctica la variación del pH del agua durante el desarrollo de la investigación.

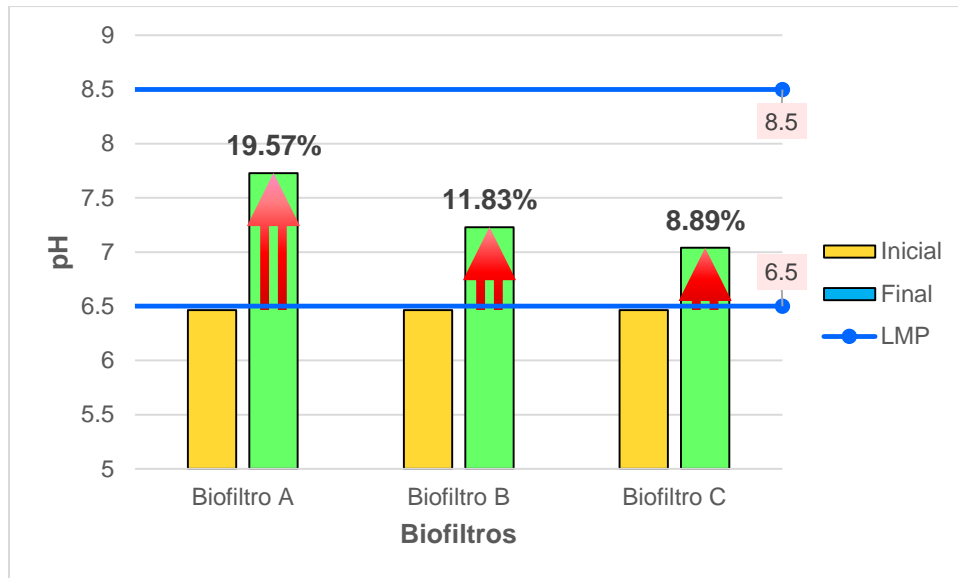


Figura 16. Variación en porcentajes del pH del agua

En la Figura 16 se evidencia el aumento del pH del agua en porcentajes después del tratamiento con los biofiltros, donde el Biofiltro A registró el mayor ascenso del pH del agua con un 19.57% (de 6.465 a 7.73), mientras que el Biofiltro C presentó el menor ascenso del pH del agua con un 8.89% (de 6.465 a 7.04), por su parte el Biofiltro B presentó un aumento del 11.83% (de 6.465 a 7.23). Así mismo, se contrasta con el valor del LMP para efluentes de PTAR, el cual indica que el pH del agua debe estar entre los rangos de 6.5 y 8.5. Entonces, se observa que los resultados post tratamiento con respecto al pH del agua se encuentran en cumplimiento con la norma en mención, pues los registros son superiores a un pH 7 e inferiores a un pH 8.

Para la prueba de normalidad del pH del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 20.

Tabla 20. Prueba de Normalidad para el pH

Prueba de normalidad				
Biofiltro	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	

pH	Inicio	,964	3	,637
	Biofiltro A	,750	3	,000
	Biofiltro B	,750	3	,000
	Biofiltro C	,750	3	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 20 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos del pH del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, e procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis:**

H1: Los datos proceden de una distribución normal

Ho: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **Ho:** Los datos no proceden de una distribución normal

Al no presentar una distribución normal se procedió a aplicar la Prueba de Kruskal – Wallis, la cual se detalla en la Tabla 21.

Tabla 21. Prueba de Kruskal – Wallis para el pH

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	pH
H de Kruskal-Wallis	3,971
gl	1
Sig. asintótica	,046

a. Prueba de Kruskal Wallis
b. Variable de agrupación: Biofiltro

Mediante la Tabla 21 se observó que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de los SST del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parametros quimicos de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto al pH.

H1: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parametros quimicos de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto al pH.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto al pH.

En relación al parámetro de aceites y grasas del agua, en la Tabla 22 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 22. Resultados iniciales y finales de Aceites y grasas del agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)	Reducción (mg/L)

A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	31.4	0.27	31.14
		RA2	31.4	0.25	
		RA3	31.4	0.25	
		Promedio	31.4	0.26	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	31.4	0.15	31.24
		RB2	31.4	0.17	
		RB3	31.4	0.17	
		Promedio	31.4	0.16	
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC1	31.4	0.21	31.18
		RC2	31.4	0.21	
		RC3	31.4	0.23	
		Promedio	31.4	0.22	

Mediante la Tabla 22 se observan los resultados iniciales y finales de los aceites y grasas del agua antes y después del tratamiento con los biofiltros, donde el valor inicial del parámetro fue de 31.4 mg/L y después del tratamiento registró una disminución de hasta 31.24 mg/L.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 17) para apreciar de forma didáctica la variación de los aceites y grasas presentes en el agua durante el desarrollo de la investigación.

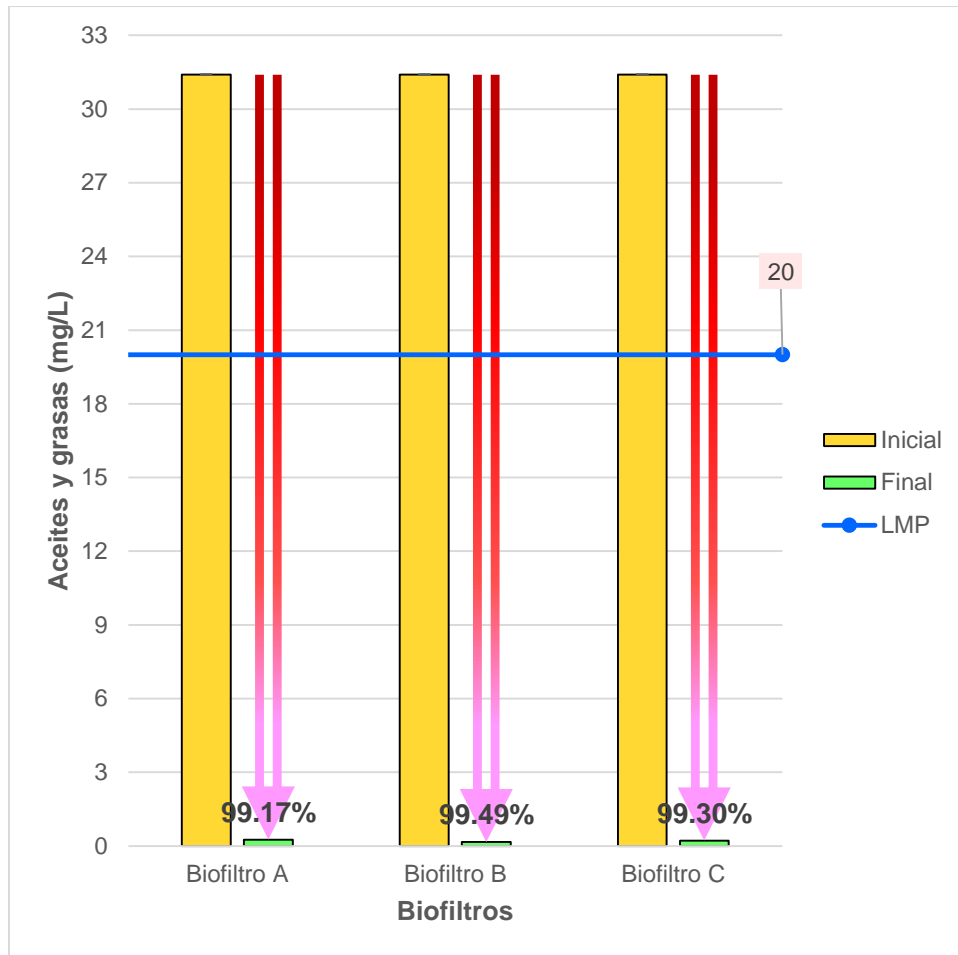


Figura 17. Variación en porcentajes de aceites y grasas del agua

En la Figura 17 se evidencia una disminución en porcentajes sobre los aceites y grasas presentes en el agua después del tratamiento con los biofiltros, donde los tres biofiltros lograron descensos significativos. El Biofiltro A registró el menor porcentaje de reducción con un 99.17% (de 31.4 a 0.26 mg/L), mientras que el Biofiltro B presentó el mayor porcentaje de reducción con un 99.49% (de 31.4 a 0.16 mg/L), y el Biofiltro C presentó un descenso del 99.30% (de 31.4 a 0.22 mg/L). Así mismo, se contrasta con el valor del LMP para efluentes de PTAR, el cual indica que la concentración para los aceites y grasas en el agua no debe superar los 20 mg/L. En este sentido, se observa que todas las aguas post tratamiento cumplieron con la normativa, ya que los datos obtenidos no superaron la concentración de 1 mg/L de aceites y grasas en el agua.

Para la prueba de normalidad de los aceites y grasas del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 23.

Tabla 23. Prueba de Normalidad para los aceites y grasas del agua

Prueba de normalidad				
	Biofiltro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Aceites y grasas	Inicio	,923	3	,463
	Biofiltro A	,750	3	,000
	Biofiltro B	,750	3	,000
	Biofiltro C	,750	3	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 23 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de los aceites y grasas del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H1: Los datos proceden de una distribución normal

Ho: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **Ho:** Los datos no proceden de una distribución normal.

Al no presentar una distribución normal, se procedió a aplicar la Prueba de Kruskal – Wallis, la cual se detalla en la Tabla 24.

Tabla 24. Prueba de Kruskal – Wallis para los aceites y grasas

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	Aceites y grasas
H de Kruskal-Wallis	3,971
gl	1
Sig. asintótica	,046
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Biofiltro	

Mediante la Tabla 24 se observó que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de aceites y grasas del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto a los aceites y grasas.

H1: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a los aceites y grasas.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se acepta la **H1**: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a los aceites y grasas.

Continuando con los parámetros químicos, en la Tabla 25 se presentan los resultados de la DQO del agua.

Tabla 25. Resultados iniciales y finales de la DQO del agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)	Reducción (mg/L)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	1141	218	925
		RA2	1141	215	
		RA3	1141	215	
		Promedio	1141	216	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	1141	221	919.33
		RB2	1141	223	
		RB3	1141	221	
		Promedio	1141	221.67	
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC1	1141	216	925.67
		RC2	1141	216	
		RC3	1141	214	
		Promedio	1141	215.33	

En la Tabla 25 se observan los resultados de la DQO del agua antes y después del tratamiento con los biofiltros. Donde se registró como valor inicial 1141 mg/L y después del tratamiento se registró una disminución de hasta 925.67 mg/L.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 18) para apreciar de forma didáctica la variación de la DQO del agua durante el desarrollo de la investigación.

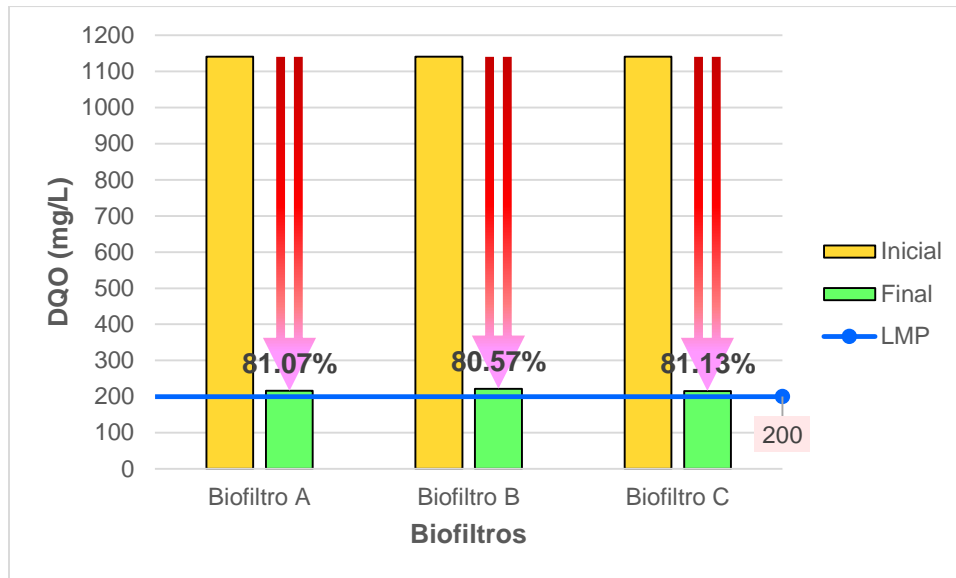


Figura 18. Variación en porcentajes de la DQO del agua

En la Figura 18 se evidencia la variación de la DQO del agua en porcentajes después del tratamiento con los biofiltros, donde los tres biofiltros lograron una reducción significativa. El Biofiltro C registró el mayor porcentaje de reducción con un 81.13% (de 1141 a 215.33 mg/L), seguido del Biofiltro A que presentó una reducción del 81.07% (de 1141 a 216 mg/L), mientras que el Biofiltro B logró una reducción del 80.57% (de 1141 a 221.67 mg/L). Así mismo, se contrastó con el valor del LMP para efluentes de PTAR, el cual indica que la DQO del agua no debe exceder los 200 mg/L, y como se observa todas las aguas resultantes del tratamiento no cumplieron con la normativa, ya que excedieron el LMP, aunque fue por una mínima diferencia de 15.33 mg/L (Biofiltro C).

Para la prueba de normalidad de la DQO del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 26.

Tabla 26. Prueba de Normalidad para el DQO

Prueba de normalidad				
Biofiltro	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	

DQO	Inicio	,862	3	,274
	Biofiltro A	,750	3	,000
	Biofiltro B	,750	3	,000
	Biofiltro C	,750	3	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 26 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de la DQO del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H1: Los datos proceden de una distribución normal

Ho: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **Ho**: Los datos no proceden de una distribución normal.

Al no presentar una distribución normal se procedió a aplicar la Prueba de Kruskal – Wallis, la cual se detalla en la Tabla 27.

Tabla 27. Prueba de Kruskal – Wallis para el DQO

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	DQO
H de Kruskal-Wallis	3,971
gl	1
Sig. asintótica	,046
a. Prueba de Kruskal Wallis	

b. Variable de agrupación: Biofiltro

Mediante la Tabla 27 se observó que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de aceites y grasas del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto a la DQO.

H1: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a la DQO.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a los sólidos suspendidos, con respecto a la DQO.

Con respecto a la DBO_5 del agua, en la Tabla 28 se presentan los resultados de este parámetro químico.

Tabla 28. Resultados iniciales y finales de la DBO₅ del agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (mg/L)	Después del tratamiento (mg/L)	Reducción (mg/L)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	614	141	472.33
		RA2	614	141	
		RA3	614	143	
		Promedio	614	141.67	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	614	146	469.33
		RB2	614	146	
		RB3	614	142	
		Promedio	614	144.67	
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC1	614	141	471
		RC2	614	144	
		RC3	614	144	
		Promedio	614	143	

Mediante la Tabla 28 se observa los resultados iniciales y finales de la DBO₅ del agua antes y después del tratamiento con los biofiltros. Donde el valor inicial fue de 614 mg/L y después del tratamiento se registró una disminución de hasta 472.33 mg/L.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 19) para apreciar de forma didáctica la variación de la DBO₅ del agua durante el desarrollo de la investigación.

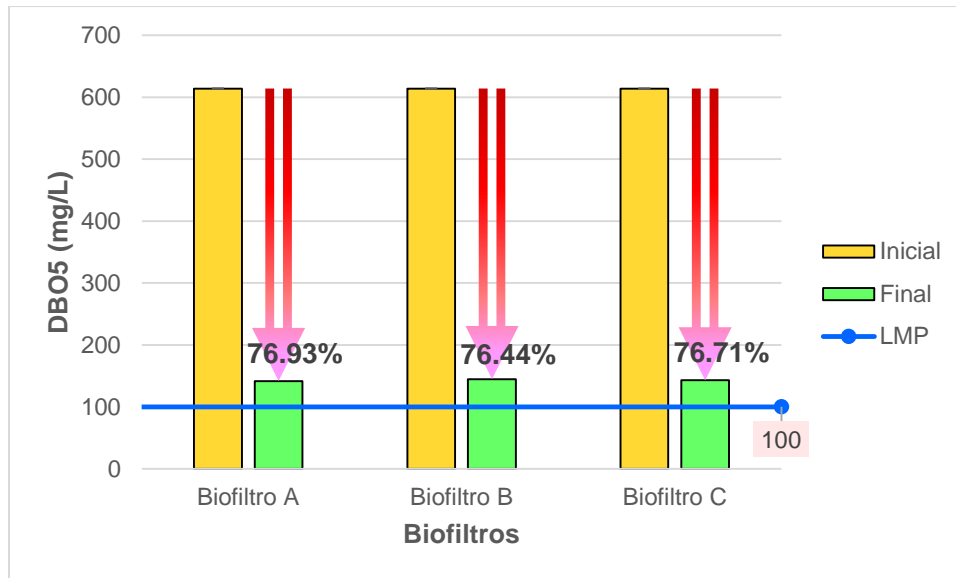


Figura 19. Variación en porcentajes de la DBO₅ del agua

En la Figura 19 se plasma la variación en porcentajes de la DBO₅ del agua después del tratamiento con los biofiltros, donde los tres biofiltros lograron una reducción significativa sobre el parámetro en mención. El Biofiltro A registró el mayor porcentaje de reducción con un 76.93% (de 614 a 141.67 mg/L), seguido del Biofiltro C que presentó una reducción del 76.71% (de 614 a 143 mg/L), mientras que el Biofiltro B logró una reducción del 76.44% (de 614 a 144.67 mg/L). Así mismo, se contrastó con el valor del LMP para efluentes de PTAR, el cual indica que la DBO₅ del agua no debe exceder los 100 mg/L, y como se evidencia las aguas post tratamiento superan este valor, por ende, en relación a la DBO₅ no se logró cumplir con la normativa, ya que los resultados finales de este parámetro oscilan entre los 140 y 145 mg/L.

Para la prueba de normalidad de la DBO₅ del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 29.

Tabla 29. Prueba de Normalidad para la DBO₅

Prueba de normalidad				
Biofiltro	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	

DBO ₅	Inicio	,964	3	,637
	Biofiltro A	,750	3	,000
	Biofiltro B	,750	3	,000
	Biofiltro C	,750	3	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 29 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de la DBO₅ del agua fueron menores al 5%. Por consiguiente, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H1: Los datos proceden de una distribución normal

Ho: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **Ho**: Los datos no proceden de una distribución normal.

Al no presentar una distribución normal se procedió a aplicar la Prueba de Kruskal – Wallis, la cual se detalla en la Tabla 30.

Tabla 30. Prueba de Kruskal – Wallis para la DBO₅

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
	DBO ₅
H de Kruskal-Wallis	3,971
gl	1
Sig. asintótica	,046
a. Prueba de Kruskal Wallis	
b. Variable de agrupación: Biofiltro	

Mediante la Tabla 27 se observó que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de aceites y grasas del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto a la DBO₅.

H1: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a la DBO₅.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a la DBO₅.

4.6. Resultados iniciales y finales de los parámetros microbiológicos del agua residual doméstica

En los parámetros microbiológicos se consideró el análisis de los coliformes totales y a los coliformes termotolerantes. En la Tabla 31 se presentan los resultados de los coliformes totales del agua.

Tabla 31. Resultados de los Coliformes Totales del agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (NMP/100mL)	Después del tratamiento (NMP/100mL)	Reducción (NMP/100mL)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	2.3×10^5	1.3×10^3	228700
		RA2	2.3×10^5	1.3×10^3	
		RA3	2.3×10^5	1.3×10^3	
		Promedio	230000	1300	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	2.3×10^5	1.2×10^3	228866.7
		RB2	2.3×10^5	1.1×10^3	
		RB3	2.3×10^5	1.1×10^3	
		Promedio	230000	1133.3	
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC1	2.3×10^5	1.2×10^3	228866.7
		RC2	2.3×10^5	1.1×10^3	
		RC3	2.3×10^5	1.1×10^3	
		Promedio	230000	1133.3	

Mediante la Tabla 31 se observan los resultados iniciales y finales de los Coliformes Totales presentes en el agua antes y después del tratamiento con los biofiltros. Donde se registró como valor inicial 230000 NMP/100mL y después del tratamiento se registró una disminución de hasta 228866.7 NMP/100mL.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 20) para apreciar de forma didáctica la variación de los coliformes totales del agua durante el desarrollo de la investigación.

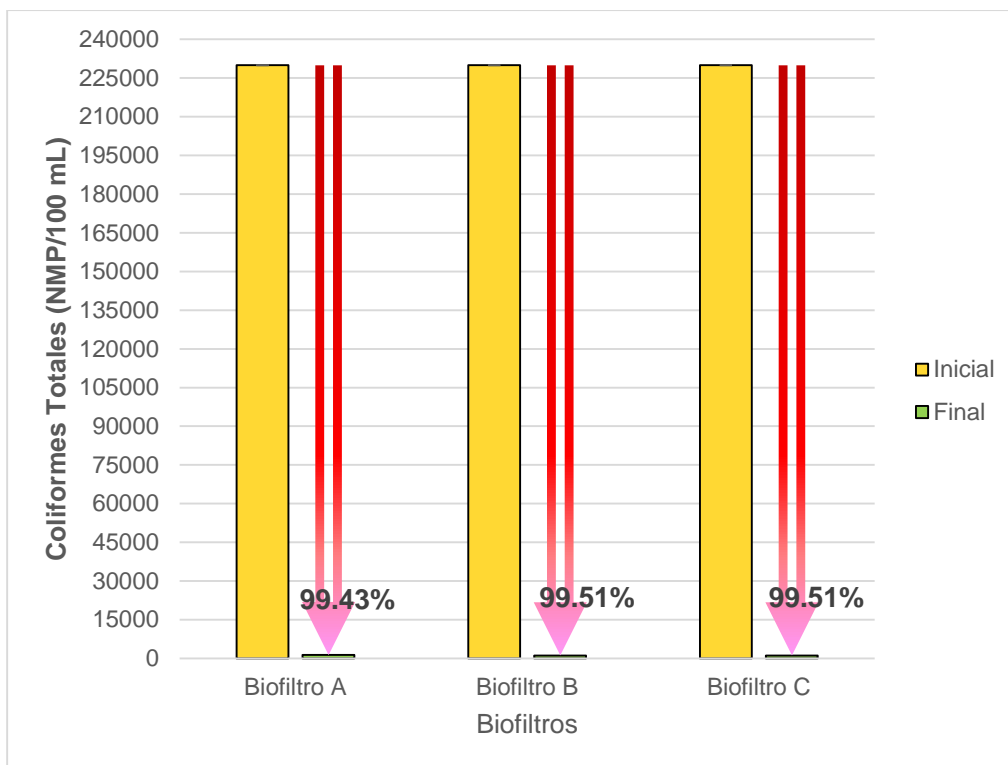


Figura 20. Variación en porcentajes de los Coliformes Totales presentes en el agua

En la Figura 20 se muestra la variación en porcentajes de los Coliformes Totales presentes en el agua antes y después del tratamiento, donde se evidencia una gran disminución de los Coliformes Totales. Los tres biofiltros lograron una reducción positiva, donde los Biofiltros B y C registraron el mayor porcentaje de reducción con un 99.51% (de 230000 a 1133.3 NMP/100mL) respectivamente, mientras que el Biofiltro A logró una reducción del 99.43% (de 230000 a 1300 NMP/100mL).

Para la prueba de normalidad de la DBO₅ del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 32.

Tabla 32. Prueba de Normalidad para los Coliformes Totales del agua

Prueba de normalidad	
Biofiltro	Shapiro-Wilk

		Estadístico	gl	Sig.
Coliformes Totales	Inicio	,893	3	,363
	Biofiltro A	1,000	3	1,000
	Biofiltro B	,765	3	,034
	Biofiltro C	,772	3	,050
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 32 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de los coliformes totales del agua fueron mayores al 5%. Por consiguiente, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H1: Los datos proceden de una distribución normal

Ho: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue mayor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: Los datos proceden de una distribución normal.

Así mismo, se procedió a aplicar la prueba ANOVA, la cual se detalla en la Tabla 33.

Tabla 33. Prueba de ANOVA para la los Coliformes Totales del agua

ANOVA					
Coliformes					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11779785035 4,250	3	39265950118 ,083	24850556,480	,000

Dentro de grupos	12640,667	8	1580,083		
Total	11779786299 4,917	11			

En la Tabla 33 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de los coliformes totales del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parámetros microbiológicos de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto a las coliformes totales.

H1: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 50% los parámetros microbiológicos de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a las coliformes totales.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parámetros microbiológicos de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a las coliformes totales.

También, se realizó la comparación entre los tratamientos mediante la Prueba de Tukey, la cual se detalla en la Tabla 34.

Tabla 34. Prueba de TUKEY para la los Coliformes Totales del agua

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Coliformes						
HSD Tukey						
(I) Biofiltro	(J) Biofiltro	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicio	Biofiltro A	228700,0000 0*	32,45595	,000	228596,0646	228803,9354
	Biofiltro B	228866,0000 0*	32,45595	,000	228762,0646	228969,9354
	Biofiltro C	228867,6666 7*	32,45595	,000	228763,7313	228971,6021
Biofiltro A	Inicio	- 228700,0000 0*	32,45595	,000	- 228803,9354	- 228596,0646
	Biofiltro B	166,00000*	32,45595	,004	62,0646	269,9354
	Biofiltro C	167,66667*	32,45595	,004	63,7313	271,6021
Biofiltro B	Inicio	- 228866,0000 0*	32,45595	,000	- 228969,9354	- 228762,0646
	Biofiltro A	-166,00000*	32,45595	,004	-269,9354	-62,0646
	Biofiltro C	1,66667	32,45595	1,000	-102,2687	105,6021
Biofiltro C	Inicio	- 228867,6666 7*	32,45595	,000	- 228971,6021	- 228763,7313
	Biofiltro A	-167,66667*	32,45595	,004	-271,6021	-63,7313
	Biofiltro B	-1,66667	32,45595	1,000	-105,6021	102,2687

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Mediante la Tabla 34 se observan los datos obtenidos de los coliformes totales del agua antes y después del tratamiento con sus respectivas repeticiones por cada biofiltro. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H₀: Existe un cambio negativo tras el uso de los biofiltros.

H₁: Existe un cambio positivo tras el uso de los biofiltros.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. > 0.05 aceptamos la **H₀**

sig. < 0,05 aceptamos la **H₁**

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H₁**: Existe un cambio positivo en los coliformes totales del agua tras el uso de los biofiltros.

Por otro lado, en la Tabla 35 se presentan los resultados de los coliformes termotolerantes del agua.

Tabla 35. Resultados de los Coliformes Termotolerantes del agua

Biofiltro	Dosis	Repeticiones	Antes del tratamiento (NMP/100mL)	Después del tratamiento (NMP/100mL)	Reducción (NMP/100mL)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa con 25% de arcilla	RA1	2.5×10^5	1.2×10^3	248800
		RA2	2.5×10^5	1.2×10^3	
		RA3	2.5×10^5	1.2×10^3	
		Promedio	250000	1200	
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa con 50% de arcilla	RB1	2.5×10^5	1.1×10^3	248900
		RB2	2.5×10^5	1.1×10^3	
		RB3	2.5×10^5	1.1×10^3	
		Promedio	250000	1100	
C		RC1	2.5×10^5	1.2×10^3	248800

25% biocarbón a base de cáscaras de papa con 75% de arcilla	RC2	2.5×10^5	1.2×10^3
	RC3	2.5×10^5	1.2×10^3
	Promedio	250000	1200

En la Tabla 35 se observan los resultados iniciales y finales de los Coliformes Termotolerantes presentes en el agua antes y después del tratamiento con los biofiltros. Donde se registró como valor inicial 250000 NMP/100mL y después del tratamiento se registró una disminución de hasta 248900 NMP/100mL.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró un gráfico (ver Figura 21) para apreciar de forma didáctica la variación de los coliformes termotolerantes del agua durante el desarrollo de la investigación.

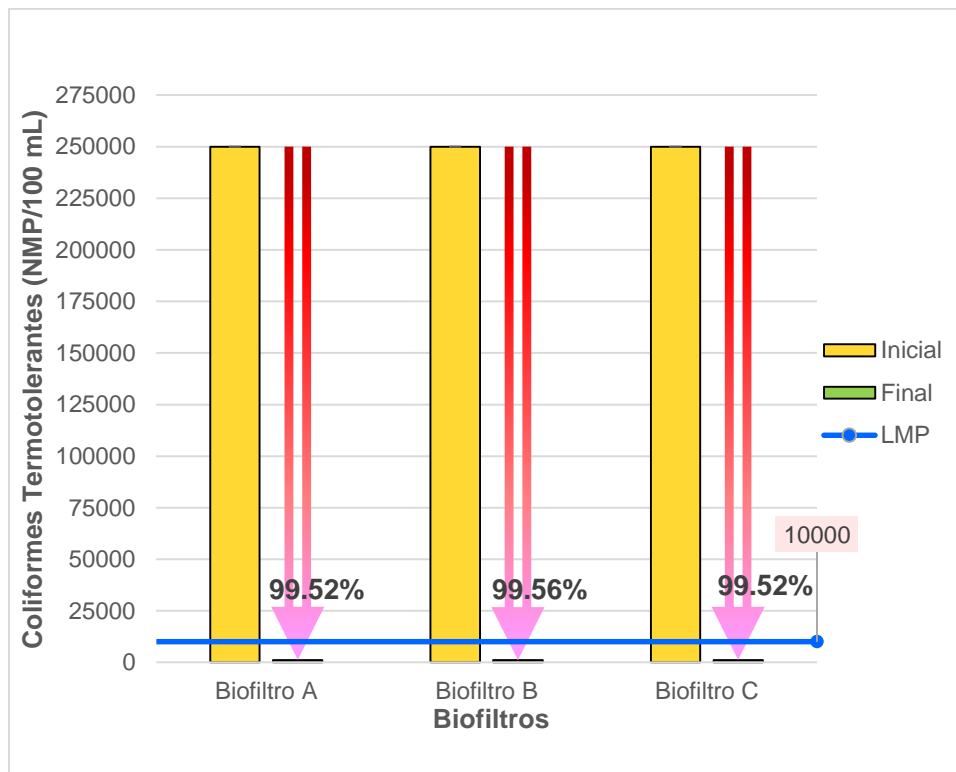


Figura 21. Variación en porcentajes de los Coliformes Termotolerantes presentes en el agua

En la Figura 21 se evidencia la variación en porcentajes de los Coliformes Totales presentes en el agua antes y después del tratamiento, donde se observa

una disminución significativa de los Coliformes Totales presentes en el agua por parte de los tres biofiltros. El Biofiltro B registró el mayor porcentaje de reducción con un 99.56% (de 250000 a 1100 NMP/100mL) respectivamente, mientras que los Biofiltros A y C lograron una reducción del 99.52% (de 250000 a 1200 NMP/100mL) respectivamente. Así mismo, estos valores se contrastaron con el valor del LMP para efluentes de PTAR, el cual indica que el parámetro de los Coliformes Totales del agua no debe exceder los 10000 NMP/100mL, y como se observa todas las aguas resultantes del tratamiento cumplieron con la normativa, ya que los resultados post tratamiento no superan los 1200 NMP/100mL.

Para la prueba de normalidad de los coliformes termotolerantes del agua se aplicó el test de Shapiro-Wilk, el cual se detalla en la Tabla 36.

Tabla 36. Prueba de Normalidad para los Coliformes Termotolerantes del agua

Prueba de normalidad				
	Biofiltro	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Coliformes Termotolerantes	Inicio	,893	3	,363
	Biofiltro A	,987	3	,780
	Biofiltro B	1,000	3	1,000
	Biofiltro C	1,000	3	1,000
a. Corrección de significación de Lilliefors				

En la Tabla 36 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de los coliformes termotolerantes del agua fueron mayores al 5%. Por consiguiente, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

H1: Los datos proceden de una distribución normal

Ho: Los datos no proceden de una distribución normal

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0.05 aceptamos la **H1**:

sig. > 0.05 aceptamos la **Ho**:

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue mayor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: Los datos proceden de una distribución normal.

Así mismo, se procedió a aplicar la prueba ANOVA, la cual se detalla en la Tabla 37.

Tabla 37. Prueba de ANOVA para la los Coliformes Termotolerantes del agua

ANOVA					
Termotolerantes					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13931555885 5,502	3	46438519618 ,501	10132040646 4927,690	,000
Dentro de grupos	,004	8	,000		
Total	13931555885 5,506	11			

En la Tabla 37 se observa que, con un nivel de significancia del 95%, los datos de los coliformes termotolerantes del agua fueron menores al 5%. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente prueba de hipótesis:

Ho: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla no reduce en un 60% los parametros microbiologico de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social – Huachipa, con respecto a las coliformes termotolerantes.

H1: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parametros microbiologico de las aguas residuales domesticas de la

Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a las coliformes termotolerantes.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. < 0,05 aceptamos la **H1**:

sig. > 0,05 aceptamos la **Ho**:

Como **resultado** se tuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se aceptó la **H1**: El biofiltro con biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla reduce en un 60% los parametros microbiologico de las aguas residuales domesticas de la Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa, con respecto a los solidos suspendidos, con respecto a las coliformes termotolerantes.

También, se realizó la comparación entre los tratamientos mediante la Prueba de Tukey, la cual se detalla en la Tabla 34.

Tabla 38. Prueba de TUKEY para la los Coliformes Termotolerantes del agua

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Termotolerantes						
HSD Tukey						
(I) Biofiltro	(J) Biofiltro	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Inicio	Biofiltro A	248799,9966 7*	,01748	,000	248799,9407	248800,0526
	Biofiltro B	248899,9700 0*	,01748	,000	248899,9140	248900,0260

	Biofiltro C	248799,9700 0*	,01748	,000	248799,9140	248800,0260
Biofiltro A	Inicio	- 248799,9966 7*	,01748	,000	- 248800,0526	- 248799,9407
	Biofiltro B	99,97333*	,01748	,000	99,9174	100,0293
	Biofiltro C	-,02667	,01748	,467	-,0826	,0293
Biofiltro B	Inicio	- 248899,9700 0*	,01748	,000	- 248900,0260	- 248899,9140
	Biofiltro A	-99,97333*	,01748	,000	-100,0293	-99,9174
	Biofiltro C	-100,00000*	,01748	,000	-100,0560	-99,9440
Biofiltro C	Inicio	- 248799,9700 0*	,01748	,000	- 248800,0260	- 248799,9140
	Biofiltro A	,02667	,01748	,467	-,0293	,0826
	Biofiltro B	100,00000*	,01748	,000	99,9440	100,0560
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Mediante la Tabla 38 se observan los datos obtenidos de los coliformes totales del agua antes y después del tratamiento con sus respectivas repeticiones por cada biofiltro. Por lo cual, se procedió a aplicar la siguiente **prueba de hipótesis**:

Ho: Existe un cambio negativo tras el uso de los biofiltros.

H1: Existe un cambio positivo tras el uso de los biofiltros.

La regla de decisión que se siguió fue:

sig. > 0.05 aceptamos la Ho

sig. < 0.05 aceptamos la H1

Como resultado se obtuvo que, **P valor** fue menor a **0.05**. Por consiguiente, se acepta la **H1**: Existe un cambio positivo tras el uso de los biofiltros.

4.7. Resultados de remoción de materia orgánica presente en el agua

Para la determinación de remoción de materia orgánica presente en el agua se analizaron los promedios de los resultados de la DQO y DBO₅ antes y después del tratamiento mostrados en la Tabla 22 y Tabla 25, estos promedios se utilizaron en la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de remoción} = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}}{\text{Concentración inicial}} \times 100$$

Los resultados de remoción de la DQO del agua se observan en la Tabla 39 y los resultados de remoción de DBO₅ se observan en la Tabla 40.

Tabla 39. Remoción de la DQO del agua

Biofiltro A	Biofiltro B	Biofiltro C	Promedio (%)
$\frac{1141 - 216}{1141} \times 100$ = 81.07%	$\frac{1141 - 221.67}{1141} \times 100$ = 80.57%	$\frac{1141 - 216}{1141} \times 100$ = 81.13%	80.92

Mediante la Tabla 39 se evidencia que la DQO del agua después del tratamiento con los biofiltros obtuvo una remoción promedio de 80.92%, donde el Biofiltro C logró una mayor remoción con un 81.13%.

Tabla 40. Remoción de la DBO₅ del agua

Biofiltro A	Biofiltro B	Biofiltro C	Promedio (%)
$\frac{614 - 141.67}{614} \times 100$ = 76.93%	$\frac{614 - 144.67}{614} \times 100$ = 76.44%	$\frac{614 - 143}{614} \times 100$ = 76.71%	76.69

Mediante la Tabla 40 se evidencia que la DBO₅ del agua después del tratamiento con los biofiltros obtuvo una remoción promedio de 76.69%, donde el Biofiltro A logró una mayor remoción con un 76.93%.

V. DISCUSIÓN

El uso de biofiltros con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla es eficiente en la reducción de materia orgánica presente en aguas residuales domésticas. REYES (2016) señala que, no es necesario contar con numerosos lechos filtrantes en los biofiltros para que estos sean eficientes en la descontaminación de aguas, ya que empleando dos capas filtrantes de diferente materia prima se logran resultados favorables. Así mismo, para la elaboración de un biofiltro se debe tener en cuenta las características físicas, químicas y microbiológicas del efluente a tratar (PORSNOVS *et al.*, 2020).

Con respecto a los parámetros físicos, en la presente investigación se observó un aumento en la temperatura del agua después del tratamiento con los biofiltros, ya que la temperatura inicial fue de 19°C y aumento según el tiempo de filtración de cada biofiltro, donde el Biofiltro A presentó el menor tiempo de filtración (64.3 min) con un aumento a 19.4°C en la temperatura, mientras que en los Biofiltros B y C la temperatura se elevó a 19.6°C, presentando un tiempo de filtración promedio de 77 y 91.3 min respectivamente. Estos resultados se asemejan a los registrados por TORRES y TORRES (2019), quienes utilizando diferentes dosis de biocarbón de bambú registraron un aumento máximo de 1.6°C en la temperatura del agua tratada, al igual que BERRENCHEA Y ROMÁN (2021), quienes utilizando carbón activado a base de corteza de *Persea americana* registraron un aumento de 1.80°C en la temperatura del agua. En ese sentido, HERRERA y REY (2018) mencionan que, los biofiltros aumentan la temperatura del agua tratada debido a la liberación de gases que se da según el tiempo de filtración del agua dentro del sistema, a mayor retención del agua mayor será el aumento de la temperatura

Por otro lado, con respecto a la turbidez y los SST del agua, se registró una disminución máxima del 93.77% y 86.55% respectivamente con el Biofiltro B (compuesto por 50% de carbón a base de cáscaras de papa y 50% de arcilla). MARÍN y ARRIOJAS (2020) señalan que, las partículas suspendidas causan la

turbidez en el agua, por ende, existe una relación lineal directamente proporcional entre ambos parámetros. MOLINA (2016) menciona que, el biocarbón actúa como adsorbente de partículas en un medio acuoso. Además, los materiales filtrantes que poseen almidón, aportan moléculas que presentan extendidas cadenas de iones, que pueden adsorber químicamente las partículas en diferentes puntos fijos de adsorción, dejando parte de la cadena libre, generando así que pueda flotar en el agua y a su vez adherirse a otro material adsorbente (CARRASQUERO et al., 2017). Es así que, los resultados obtenidos fueron más favorables a los registrados por GUERRERO, VAZQUEZ y RODRIGUEZ (2017), quienes utilizando zeolita de diferentes granulometrías registraron una disminución del 85% de SST presentes en el agua. Mientras que, DE LA CRUZ y FUSTER (2021), obtuvieron resultados superiores con una disminución del 96.42% de la turbidez del agua y una disminución del 96.85% de SST. Sin embargo, estos últimos autores utilizaron un destilador solar para purificar las aguas domésticas, lo cual conlleva a una inversión económica mayor a comparación del uso de biofiltros, los cuales son más económicos y accesibles para la población, además, con ellos se lograron resultados favorables.

En relación a los parámetros químicos, se evidenció un aumento en el pH del agua tratada, donde el Biofiltro A compuesto con 75% de carbón a base de cáscaras de papa y 25% de arcilla registró un aumento mayor de 6.456 a 7.73 a diferencia de los Biofiltros B y C, quienes estaban compuestos con 50% y 25% de carbón respectivamente. LENG *et al.* (2021) señalan que, si un carbón es activado mediante un proceso químico por un ácido, esto genera que al estar en contacto el agua con el carbón el pH de los primeros litros del agua disminuye. Sin embargo, si el carbón tuvo a un vegetal como materia prima, este ocasiona que el pH del agua aumente, ya que estos productos orgánicos poseen cantidades importantes de cationes, los cuales al entrar en contacto con el agua se convierten en hidróxidos, se disuelven en la misma y generan el aumento del pH del agua (WANG y WANG, 2019). Por su parte, BARKER y TRUOG (1938) mencionan que el pH del agua aumenta al entrar en contacto con la arcilla, y varía según el tipo de arcilla utilizada y el tipo de agua a tratar.

A diferencia del pH, los otros parámetros químicos analizados obtuvieron reducciones significativas con respecto a sus concentraciones iniciales. En el caso de los aceites y grasas, estos registraron disminuciones por encima del 99%, donde el Biofiltro B alcanzó un 99.49% de reducción (de 31.4 mg/L a 0.16 mg/L), resultados superiores a los obtenidos por JARAMILLO (2018), quien utilizando óxido de grafeno artesanal logró un 84% de remoción de aceites y grasas. Así mismo, TUSE (2019) utilizando un biofiltro con escamas de pescado y carbón activado registró un 91.84% de remoción de aceites y grasas. EGOICHEAGA (2018) menciona que, las arcillas tienen una gran capacidad para adsorber ácidos grasos e hidrocarburos. Así mismo, ABDUL *et al.*, (2016) señalan que, el biocarbón activado químicamente tiene una fuerte afinidad por los compuestos orgánicos, esto debido al aumento de porosidad en su estructura.

Por otro lado, la DQO del agua alcanzó una disminución máxima en el Biofiltro C con un 81.13% (de 1141 mg/L a 215.33 mg/L) y con respecto a la DBO₅ del agua se registraron disminuciones por encima del 76% para los tres biofiltros, donde la máxima variación se dio en el Biofiltro A con una disminución del 76.93% (de 614 mg/L a 141.67 mg/L). Estos hallazgos son similares a los resultados de HUAMÁN (2018), quien utilizando biocarbón de cascarilla de arroz registró una disminución del 87% en la DQO y un 50% en la DBO₅ del agua. Así mismo, RAMIREZ y URBINA (2022), utilizando biocarbón de corteza de pecanas logró una remoción del 69.43% en la DQO del agua. En relación a ello, GARZÓN, *et al.* (2012) señala que los materiales orgánicos empleados en biofiltros logran una mayor remoción de DQO y DBO₅.

Con respecto a los parámetros microbiológicos, se observó que los coliformes totales del agua registraron una reducción promedio del 99.48%, donde los Biofiltros B y C lograron una reducción máxima del 99.51% (de 230000 a 1133.3 NMP/100mL), dichos biofiltros presentaron las mayores composiciones de arcilla, con un 50% y 75% respectivamente. Así mismo, los coliformes termotolerantes del agua presentaron una reducción promedio del 99.53%, donde el Biofiltro B alcanzó la máxima remoción con un 99.56% (250000 a 1100 NMP/100mL). Estos datos se

asemejan a los obtenidos por DELGADO (2022), quien utilizando un biofiltro con 75% de zeolita y 25% de biocarbón logró una reducción de 97% en coliformes termotolerantes. En ese sentido, RODRIGUEZ y ESCOBAR (2018) señalan que, la arcilla posee la capacidad de crear pequeños canales microscópicos donde atrapa todos los contaminantes presentes en el agua, incluyendo bacterias y parásitos.

Es así que, en la presente investigación se ha logrado resultados favorables en la disminución de la materia orgánica presente en aguas residuales, así como en la remoción de otros contaminantes. Además, se cumplieron parcialmente con los LMP para efluentes de PTAR, ya que de los 7 parámetros a considerar (aceites y grasas, coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO, pH, SST y temperatura) para el análisis, la DBO₅ y DQO superaron en 41.64 mg/L y 15.33 mg/L respectivamente los LMP establecidos. Mientras que CARBAJAL (2019), usando 1 kg de biocarbón a base de cáscaras de toronja logró reducir la DQO del agua a 128.16 mg/L y a 38.30 mg/L la DBO₅, cumpliendo así con los LMP. Por su parte, CORNEJO (2015) utilizando un biofiltro con levadura de *Saccharomyces cerevisiae* adheridas a un soporte de piedra pómez logró en el 4to día una reducción de la DBO₅ del agua a 113.95 mg/L, resultado que no cumple con los LMP para efluentes de PTAR. Así mismo, CASTILLO (2020) utilizando un biofiltro con compus y lombrices, bagazo de caña, arena fina, piedra chancada, y jacinto de agua en diferentes dosis observó que, a mayor tiempo de tratamiento aumentaba la concentración de estos parámetros, alcanzando resultados de 723 mg/L y 211 mg/L para la DQO y DBO₅ del agua respectivamente, sobrepasando los LMP. Entonces, se evidencia que el uso de biocarbones en mayor dosis sobre otros componentes logra resultados más favorables en la reducción de estos parámetros.

VI. CONCLUSIONES

1. El uso de biofiltros con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla logró reducir más de un 60% la concentración de parámetros físicos (turbidez, temperatura y SST). Mientras que la temperatura aumento su valor en un promedio de 2.8%.
2. El uso de biofiltros con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla logró reducir más de un 60% la concentración de parámetros químicos (aceites y grasas, DQO y DBO₅). Mientras que el pH aumentó su valor inicial en un promedio de 13.4%.
3. El uso de biofiltros con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla logró reducir más de un 60% la concentración de los parámetros microbiológicos analizados (coliformes totales y termotolerantes).
4. Mediante el uso de biofiltros con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla en dosis de 75%-25%, 50%-50% y 25%-75% respectivamente se puede reducir la materia orgánica presente en aguas residuales domésticas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar más repeticiones de las muestras para medir los valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y contrastar los resultados para así mejorar la confiabilidad de los mismos.
2. Desarrollar el tratamiento empleando otras dosis de los componentes (carbón a base de cáscaras de papa y arcilla) para hallar la dosificación más eficiente en la remoción de la materia orgánica presente en aguas residuales domésticas.
3. En relación al sistema, se recomienda realizar recirculaciones del agua en el biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla hasta su saturación para determinar en qué número de recirculación deja de ser eficiente el sistema.
4. Buscar y analizar otros tipos de biocarbones y arcillas como componentes para biofiltros a fin de hallar la combinación idónea para la remoción de materia orgánica presente en aguas residuales.
5. Así mismo, realizar la propuesta presentada en esta investigación a una escala piloto in situ, para así obtener resultados más representativos en relación al funcionamiento del biofiltro. Para ello, se sugiere elaborar un biofiltro con una capacidad de almacenamiento de 250 L de agua.
6. Para futuras investigaciones, se sugiere emplear el uso del biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y arcilla en el tratamiento de otros tipos de agua residual, para poder analizar su eficiencia de remoción sobre otros contaminantes.

REFERENCIAS

¿CUÁNTO ha avanzado la gestión del agua en el Perú? [Mensaje en un blog]. Lima: Luján L., (18 de marzo del 2022). [Fecha de consulta: 8 de setiembre del 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/luis-lujan-cardenas/cuanto-ha-avanzado-gestion-agua-peru>

ABDUL, Noor, CHE, Nur, MOKHTAR, Hamizah y SURIATY, Wan. Removal of oil and grease from wastewater using natural adsorbents. Jurnal Teknologi [en línea]. vol. 78, n° 5-3. Mayo de 2016 [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303295764_Removal_of_oil_and_grease_from_wastewater_using_natural_adsorbents

ANGELONE, Silvia. Geología y Geotecnia. [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Tipos%20de%20suelos%20-%20Arcilla%20-%202020_6%20ed.pdf

ANNAN, Ebenezer, AGYER, Benjamin, DELALI, Guiñada, SASU, David, YAYA, Abu y ONWONA, Boateng. Application of clay ceramics and nanotechnology in water treatment: A review. Cogent Engineering [en línea]. vol 5. Mayo – Julio, 2018 [Fecha de consulta: 30 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2018.1476017>

BARKER, G. y TRUOG, Emil. Improvement of stiff-mud clays through pH control [en línea]. 1938 [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://ceramics.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1151-2916.1938.tb15786.x>

BARRENECHEA, Ricardo y ROMÁN, Hitler. Uso del carbón activado de *Prunus persica* y *Persea americana* para la remoción de arsénico y plomo. Tesis

(Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83856>

BARRERA, Carlos. Aplicaciones Electroquímicas al Tratamiento de Aguas Residuales [en línea]. México, D.F.: Editorial Reverté, 2014 [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2022]. Disponible en: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/52617/Barrera+D%EDaz_tripa+2014.pdf;jsessionid=E84B9E3F6440987E8FF528670DE1D3A3?sequence=1
ISBN: 978-607-7815-13-6

Bioadsorción de cobre utilizando lodo anaerobio acidogénico por Certucha Maria [et al.]. México D.F.: Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]. vol.26, no.2. Mayo de 2010 [Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992010000200001

BORJA, Ana. Carbón activado de corteza de papa como filtro para la remoción de plomo y cadmio en aguas de mina, Casapalca – Lima, 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54807/Borja_OAS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BROWNSORT, Peter. Biomass pyrolysis processes: Performance parameters and their influence on biochar system benefits. Tesis (Maestría en Ciencias). Edimburgo: Universidad de Edimburgo, 2009. Disponible en: <https://era.ed.ac.uk/bitstream/handle/1842/3116/Brownsort%20PA%20MSc%202009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CALDERÓN, Henry. Remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la comunidad campesina San Marcos de la aguada, Mala, Lima 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Huánuco: Universidad de Huánuco. Disponible en:

<http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2247;jsessionid=B7FEB5E70FDAAAF26EE1E27E9C7BF082>

CAMPOS, Irene. Saneamiento Ambiental [en línea]. 1.^a ed. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia, 2003 [Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=lsgrGBGIGeMC&pg=PA49&dq=parametros+fisicos+del+agua&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj0tsX_77r6AhUzuZUCHSZNBloQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=parametros%20fisicos%20del%20agua&f=false
ISBN: 9968-31-069-7

CARBAJAL, Jair. Influencia del filtro de carbón vegetal a partir de la cáscara de toronja para reducir carga orgánica en las aguas residuales, proveniente del mercado Huamantanga, 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87439>

CARRASQUERO, Sedolfo, MONTIEL, Stefany, FARÍA, Emily, PARRA, Paola, MARÍN, Julio y DÍAZ, Altamira. Effectivines of coagulants obtained from residues of potato (*Sonalum Tuberosum*) and banana (*Musa Paradisiaca*) in water purification. Revista Facultad de Ciencias Básicas [en línea]. Enero – Febrero, 2017. vol 13 [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1941/2454>

CASTILLO, Ronal. Remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante un proceso de vermifiltración y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) del asentamiento humano lomas de Zapallal – distrito de Puente Piedra – Lima. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Privada del Norte, 2020. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26448>

CISTERNA, Pedro y ARANCIBIA, Patricia. Comparison of biodegradation of fats and oils by activated sludge on experimental and real scales. Water [en línea].

vol 11, n°. 6. Junio de 2019 [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/6/1286>

COMEX Perú. Solo aprovechamos el 1% de residuos orgánicos e inorgánicos que generamos [en línea]. COMEX Perú. 11 de febrero de 2022. [Fecha de consulta: 08 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/solo-aprovechamos-el-1-de-residuos-organicos-e-inorganicos-que-generamos>

CORNEJO, Daniela. Determinación de la eficiencia de remoción de la DBO de agua residual doméstica mediante la utilización de un biofiltro de piedra pómez. Tesis (ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2015. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3261>

CUENCA, Elizabeth, ALVARADO, Alejandro y CAMACHO, Karina. El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Quivera [en línea]. México: Enero-junio, 2012 [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10453/8537>
ISSN: 1405-8626

DE LA CRUZ, Lucero, FUSTER, Tonny. Destilador solar como método sostenible para la purificación de aguas grises, Los Olivos, 2021. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85736>

DELGADO, Gerson. Diseño de un biofiltro a escala a base de carbón activado y zeolita para el tratamiento de agua de una laguna de oxidación. Tesis (Ingeniería Ambiental). Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador, 2022. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DELGADO%20PINTO%20GERSON%20AARON.pdf>

DÍAZ, Lidia. La observación [en línea]. 2011 [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf

DÍAZ, Saraí y GONZÁLES, Javier. The importance of water temperature in water supply systems. Ingeniería del agua [en línea]. vol 26, n°. 2. Abril, 2022 [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/17366>

EGOCHEAGA, Leyla. Impacto del uso de zeolitas en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización la palma grande – Ica, 2018. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Alas Peruanas. Disponible en: https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/7534/Tesis_impacto_uso%20de%20zeolitas_tratamiento_aguas%20residuales%20dom%C3%A9stica_Ica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ESCALANTE, Ariadna, PÉREZ, Guadalupe, HIDALGO, Claudia, LÓPEZ, Jorge, CAMPO, Julio, VALTIERRA, Esteban y ETCHEVERS, Jorge. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. Terra Latinoamericana [en línea]. vol.34 n° 3. Chapingo: Julio-septiembre, 2016 [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000300367
ISSN: 2395-8030

ESCOBAR, Jazmine y CUERVO, Ángela. Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización [en línea]. 2008 [Fecha de consulta: 01 octubre de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/302438451_Validez_de_contenido_y_juicio_de_expertos_Una_aproximacion_a_su_utilizacion

ESPIGARES, Miguel, y PÉREZ, José. Aguas Residuales: Composición [en línea]. Granada: 1985 [Fecha de consulta: 21 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Fabrication of Novel Agrowaste (Banana and Potato Peels)- Based Biochar/TiO₂ Nanocomposite for Adsorption of Cr(VI), Statistical Optimization via RSM Approach por Ashfaq Aamna [et al.]. [en línea]. vol.14. no. 13. Polymers. Junio de 2022 [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/361525133_Fabrication_of_Novel_Agrowaste_Banana_and_Potato_Peels-_Based_BiocharTiO2_Nanocomposite_for_Adsorption_of_CrVI_Statistical_Optimization_via_RSM_Approach

FERNÁNDEZ, Amarildo. Aguas Residuales en el Perú: Problemática y uso en la Agricultura [en línea]. Lima: 2011 [Fecha de consulta: 19 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf

FERNÁNDEZ, María. Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. Revista ICIDCA [en línea]. Marzo-agosto, 2017, vol. 51. n°. 2. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf>
ISSN: 0138-6204

FONFRIA, Ramón y RIBAS, Joan. Ingeniería Ambiental: Contaminación y tratamientos [en línea]. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores, 1989 [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=kumpI0Js6T0C&pg=PA39&dq=adsorbentes&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiPkpTkyNz6AhVmBrkGHYjxBM8Q6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=adsorbentes&f=false>
ISBN: 84-267-0742-4

GALINDO, Luis, PÉREZ, Arturo, LANDEROS, Cesáreo y GÓMEZ, Fernando. Bibliometric analysis of scientific research on biochar. *Agroproductividad* [en línea]. vol. 14 n° 2. Enero, 2021 [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1710/1481>

GARCÍA, Emilia, SUARÉZ, Mercedes. Las arcillas: Propiedades y usos [en línea]. 2008 [Fecha de consulta: 17 de setiembre de 2022]. Disponible en: http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/Arcillas_%20propiedades%20y%20usos.pdf

GARCÍA, Martha, SÁNCHEZ, Felix, MARÍN, Rodrigo, GUZMÁN, Hector, VERDUGO, Nelsy, DOMÍNGUEZ, Efraín. El agua [en línea]. 2005 [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/37911254/EI_agua

GARCÍA, Rebeca y GRANILLO, Yasser. Evaluación de las condiciones operacionales en el proceso de preparación de carbón activo de cáscara de naranja Valencia (*Citrus Sinensis Linn Osbeck*), laboratorios de química Unan-Managua, II semestre 2016. Tesis (Química Industrial). Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2017. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/4275/1/96798.pdf>

GARZÓN, Marco. La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y Ciencias del agua* [en línea]. Julio – Septiembre, 2012, vol 3. n° 3 [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3535/353531978011.pdf>

GIRON, Mirian. Reducción de materia orgánica en aguas residuales domésticas mediante cascadas artificiales en la localidad de Viroc, Oyón 2018. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36380>

GUERRA, Patricia. Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1895/Q70.G84-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUERRERO, María, VASQUÉZ, Antonio y RODRIGUEZ, María. La zeolita en la descontaminación de aguas residuales [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328052604_LA_ZEOLITA_EN_LA_DES_CONTAMINACION_DE_AGUAS_RESIDUALES

GWENZI, Willis, CHAUKURA, Nhamo, NOUBATCTEP, Chicgoua y MUKOME, Fungai. Biochar-based water treatment systems as a potential low-cost and sustainable technology for clean water provision. Science Direct [en línea]. vol. 197. Julio, 2017 [Fecha de consulta: 16 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971730302X#bib61>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6ta. ed. México: Mc Graw Hill, 2014 [Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERRERA, Wilmer y REY, Anyi. Implementación de biofiltro como agente depurador de aguas residuales del conjunto Aranjuez II, en el municipio de Villavicencio. Tesis (Ingeniería Civil). Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia, 2018. Disponible en: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4174/1/2018_implementacion_biofiltro_agente.pdf

INFANETE, Edison. Efecto del biocarbón de biomasa agrícola y bacterias aisladas de aguas residuales para la remoción de fosfatos de efluentes agrícolas. Tesis (Ingeniería Forestal). Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes, 2022. Disponible en: <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/2659/TESIS%20-%20INFANTE%20HUAMAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
ISBN: 968-18-5872-7

JARAMILLO, Miguel. Remoción de aceites y grasas mediante óxido de grafeno artesanal en el centro de lavado "Splash" San Miguel – Lima, 2018. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32303>

JIMENEZ, Mary. Reducción de la concentración del Arsénico en las las aguas del afluente-Huaycoloro, utilizando arcillas modificadas, 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72648/Jimenez_TMJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LENG, Lijian, XIONG, Qin, YANG, Lihong, LI, Hui, ZHOU, Yaoyu, ZHANG, Wijin, JIANG, Shaojian, LI, Hailong y HUAN, Huajun. An overview on engineering the surface area and porosity of biochar. Science of the total Environment [en línea]. vol 763, Abril de 2021 [Fecha de consulta: 16 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.144204>

MARÍN, Tomás y ARRIOJAS, Dany. Removal of water turbidity by filtration using coconut shells at laboratory level. Revista ION [en línea]. Octubre – Mayo, 2020. vol. 33, n° 2. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/3420/342068240009/html/#redalyc_342068240009_ref34

MINAM. Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente [en línea]. Lima: 2021 [Fecha de consulta: 04 de setiembre]. Disponible en:

<https://sinia.minam.gob.pe/inea/indicadores/descargas-de-aguas-residuales-domesticas-sin-tratamiento-2014-2019-metros-cubicos/>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (MVCS). Plan Nacional de Saneamiento 2022 – 2026 [en línea]. 1era ed. 2020 [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2586305-plan-nacional-de-saneamiento-2022-2026>

MINISTERIO NACIONAL DEL AMBIENTE (MINAM). Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente 2014 – 2019 [en línea]. Lima: 2021 [Fecha de consulta: 11 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://sinia.minam.gob.pe/inea/wp-content/uploads/2021/07/INEA-2014-2019_red.pdf

MOLINA, Mishel. Elaboración de un filtro artesanal de agua utilizando materiales no convencionales, evaluando su eficiencia para la disminución de los niveles de contaminación de aguas residuales generada por una lavadora de autos. Tesis (Ingeniería Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24606/1/Tesis%201086%20-%20Molina%20Garc%C3%ADa%20Mishel%20Estefan%C3%ADa.pdf>

MUÑOZ, Briggite. Sistema de filtración rápida con biocarbón de residuos de piña y linaza en el tratamiento de agua residual domestica Coronel Portillo-Huacho 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67672>

Novel metal-doped bacteriostatic hybrid clay composites for point-of-use disinfection of water por Unuabonah Emmanuel [et al.]. [en línea]. vol.5 no. 3. Junio de 2017 [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343717301537>

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL (OEFA). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales [en línea]. Lima: 2014 [Fecha de

consulta: 22 de setiembre del 2022]. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=Son%20aquellas%20aguas%20cuyas%20caracter%C3%ADsticas,descargadas%20al%20sistema%20de%20alcantarillado.

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

PORSNOV, Dmitrijs, ANSONE, Linda, KVIESIS, Jorens, ARINA, Dace y KLAVINS, Maris. Biochar from Waste Derived Fuels as Low-Cost Adsorbent for Waste Hydrocarbons. Sciendo [en línea]. vol 24, n° 3. Diciembre de 2020 [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://sciendo.com/pdf/10.2478/rtuect-2020-0095>

RAMIREZ, Irina. Eficiencia del biochar obtenido a partir de residuos orgánicos municipales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales, Chachapoyas, Amazonas, 2018. Tesis (Ingeniería Ambiental). Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2018. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1509/Ramirez%20Mas%20Irina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RAMÍREZ, María y URBINA, Pierina. Filtro de biocarbón e hidrogel para remover aceites y grasas en aguas domésticas, Carabaylo – Lima 2022. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/101344>

REYES, Jimmy. Determination of the efficiency of sawdust and coco fiber used as Biofilter for pollutant removal for the treatment of wastewater. Enfoque UTE [en línea]. vol. 7, n° 3. Setiembre de 2016 [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572261592004/html/>

ROBERT, Marlen. Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. Revista CENIC [en línea]. Agosto-octubre, 2013, vol. 45, n°. 1 [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>
ISSN: 0253-5688

RODRIGUEZ, Diego, SERRANAO, Héctor, DELGADO, Anna, NOLASCO, Daniel y SALTIEL, Gustavo. De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33436/146823SP.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

RODRÍGUEZ, Verónica y ESCOBAR, Juan. Evaluación del funcionamiento de filtros de biocarbón/arcilla en la potabilización del agua, mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Tesis (Ingeniería Agrónoma). San Salvador: Universidad de El Salvador, 2018. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/18569/1/13101673.pdf>

SHAPIANA, Fernando. Mejoramiento del vertimiento de aguas residuales en la PTAR, mediante el uso de floculante, Chazuta, Perú, 2021. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo: 2022. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10871>

SIERRA, Carlos. Calidad del Agua: Evaluación y Diagnóstico [en línea]. 1.ª ed. Medellín: Digiprint UE, 2011 [Fecha de consulta: 30 de setiembre de 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/9511155/Calidad_del_agua_evaluaci%C3%B3n_y_diagn%C3%B3stico
ISBN: 978-958-8692-06-7

SILVELA, Francisco. Guía técnica – Arlita [en línea], 2009 [Fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: https://www.arlita.es/sites/arlita.es/files/pdf/Guia_tecnica_ARLITA_web.pdf

SZEWZYK, U., SZEWZYK, R., MANZ, W. y SCHLEIFER, K. Microbiological Safety of Drinking Water. [en línea]. vol 54. Octubre de 2000 [Fecha de consulta: 26 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.micro.54.1.81>

TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica [en línea]. 4ta. ed. México: Limusa, 2003 [Fecha de consulta: 30 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://evirtual.uaslp.mx/ENF/220/Biblioteca/Tamayo%20Tamayo-EI%20proceso%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfica2002.pdf>

TORRES, Freycy. Nivel de reducción de coliformes termotolerantes aplicando la especie (*Zantedeschia Aethiopica*) y tiempo de retención en aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72627>

TORRES, Kenny y TORRES, Luis. Efectos del biofiltro de carbón vegetal de Bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas en el distrito de Paccho provincia de Huaura-Lima 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63999>

TUSE, Gianella. Eficiencia de un biofiltro con escamas de pescado y carbón activado para la remoción de aceites y grasas en aguas residuales del lavadero de autos Solís S.A.C. Puente Piedra, 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/51971>

U.S. Department of Agriculture (USDA). Soil and Water Management Research [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.ars.usda.gov/midwest-area/stpaul/swmr/people/kurt-spokas/biochar/>

U.S. Geological Survey (USGS). Environmental Characteristics of Clays and Clay Mineral Deposits. [en línea]. 1999 [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/info/clays/clays.pdf>

WANG, Jianlong y WANG, Shizong. Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. Journal of Cleaner Production [en línea]. vol 227. Agosto de 2019 [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619313733?via%3Dihub>

WATER AND SANITATION PROGRAM (WSP). Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades [en línea]. 2006 [Fecha de consulta: 19 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.wsp.org/sites/wsp/files/publications/biofiltro.pdf>

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). Casi el 90% de la basura diaria generada no se recicla [en línea]. <https://www.wwf.org.pe/?328101/Casi-el-90-de-Basura-diar-generada-no-se-recicla>

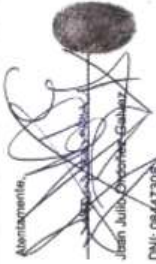
ANEXOS

Anexo 1: Matriz Operacional


VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
V. INDEPENDIENTE: Biofiltro con carbón a base de cáscaras de papa y Arcilla	El biofiltro es un sistema que posee diferentes zonas de lechos filtrantes para depurar aguas residuales (GAUSS et al., 2006).	El biofiltro con cáscaras de papa y arcilla se evaluó a través de las características funcionales del biofiltro, capacidad de adsorción del biofiltro, características de las cáscaras de papa y arcilla, y dosis de los componentes del biofiltro.	Características funcionales del biofiltro	Capa de biocarbón y arcilla	g
			Características del biocarbón a base de cáscaras de papa y la arcilla	Volumen de agua	mL
				Tiempo de filtración	min
				Rendimiento del biocarbón	$R = \frac{\text{Peso del biocarbón}}{\text{Peso de la biomasa seca}} \times 100$
				Granulometría	mm
				Dosis de los componentes del biofiltro	75 % biocarbón a base de cáscaras de papa – 25 % arcilla 50% biocarbón a base de cáscaras de papa – 50 % arcilla 25% biocarbón a base de cáscaras de papa – 75 % arcilla
V. DEPENDIENTE: Materia orgánica en aguas residuales domésticas	Las aguas residuales domésticas generalmente presentan un alto contenido en materia orgánica, la cual está compuesta por coloides, partículas macroscópicas o macromoléculas disueltas (FUENTES et al., 2015).	La materia orgánica en aguas residuales domésticas se evaluó mediante parámetros microbiológicos, físicos, químicos y la eficiencia de remoción de la materia orgánica.	Parámetros microbiológicos (iniciales – finales)	Coliformes totales	NMP/100 ml
			Parámetros químicos (iniciales – finales)	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml
				Aceites y grasas	mg/L
				pH	1 - 14
				DBO	mg/L
				DQO	mg/L
				Turbidez	NTU
				Temperatura	°C
				Sólidos totales suspendidos	mg/L
			Eficiencia de remoción de la materia orgánica	Eficiencia de remoción	$e = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$

Anexo 2: Ficha 1

FICHA N°1		CARACTERÍSTICAS DEL BIOFILTRO		UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO						
Título		BIOFILTRO CON CARBÓN A BASE DE CÁSCARAS DE PAPA Y ARCILLA PARA REDUCIR LA MATERIA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA ASOCIACIÓN AGRICULTORES DIGNIDAD SOCIAL EN HUACHIPA, 2022								
Línea de Investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales								
Responsables		Olivera Mejía, Nina								
Asesor		Taboada Caja, Natalia Paola Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales								
BIOFILTRO										
BIOCARBÓN	Dosis de los componentes del biofiltro	Repeticiones	Características funcionales			Características del biocarbón a base de cáscaras de papa y la arcilla				
			Capa de biocarbón a base de cáscaras de papa y arcilla (g)	Volumen de agua (mL)	Tiempo de filtración (min)	Granulometría (g)	Humedad (%)	Porosidad (%)	Materia orgánica (%)	Arcilla Granulometría (g)
A	75% biocarbón a base de cáscaras de papa - 25% arcilla	RA1	500	1000	60	0.85	72	0.63	87	8
		RA2	500	1000	68	0.85	72	0.63	87	8
		RA3	500	1000	65	0.85	72	0.63	87	8
B	50% biocarbón a base de cáscaras de papa - 50% arcilla	RB1	500	1000	75	0.85	72	0.63	87	8
		RB2	500	1000	80	0.85	72	0.63	87	8
		RB3	500	1000	76	0.85	72	0.63	87	8
C	25% biocarbón a base de cáscaras de papa - 75% arcilla	RC1	500	1000	88	0.85	72	0.63	87	8
		RC2	500	1000	90	0.85	72	0.63	87	8
		RC3	500	1000	96	0.85	72	0.63	87	8

Montañez,

 Juan Julio Cordero Galarza
 DNI: 06447308

Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412805
 CIP: 78862

Dr. Eustasio Horacio Acosta Suastibar

 CIP N° 25450

MIS: Franklin Córdova Montalvo
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 14631

Anexo 3:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°1 – Características del Biofiltro
- 1.4. Autor(A) del instrumento: Olivera Mejía Nina y Taboada Caja Natalia Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
85 %

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 19 de setiembre del 2022


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Anexo 4:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°1 – Características del Biofiltro
- 1.4. Autor(A) del instrumento: Olivera Mejía Nina y Taboada Caja Natalia Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGIA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

90 %

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 19 de setiembre del 2022

Atentamente,

 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE:
 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 06447308

Anexo 5:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°1 – Características del **Biofiltro**.
- 1.4. Autor(A) del instrumento: Olivera Mejía Nina y Taboada Caja Natalia Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

90

%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 19 de setiembre del 2022

Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412903
 CIP: 79862

Anexo 6:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Dionisio Montalvo, Franklin
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Nacional Agraria de la Selva
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°1 – Características del Biofiltro
- 1.4. Autor(A) del instrumento: Olivera Mejía Nina y Taboada Caja Natalia Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											x		
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGIA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

95%


IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 19 de setiembre del 2022


 MSc. Franklin Dionisio Montalvo
 INGENIERO AMBIENTAL
 FIRMADO DIGITALMENTE
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


Anexo 7:

FICHA N°2	PARÁMETROS INICIALES Y FINALES DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA		UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO											
	Título	BIOFILTRO CON CARBÓN A BASE DE CÁSCARAS DE PAPA Y ARCILLA PARA REDUCIR LA MATERIA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA ASOCIACIÓN AGRICULTORES DIGNIDAD SOCIAL EN HUACHIPA, 2022												
Línea de Investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales													
Responsables	Olivera Mejía, Nina													
Asesor	Taboada Caja, Natalia Paola Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzalez													
Parámetros	Antes del tratamiento	Después del tratamiento												
		Biofiltro A			Biofiltro B			Biofiltro C						
Microbiológicos	Coliformes totales (NMP/100 mL)	230 000	RA1 1300	RA2 1300	RA3 1300	Promedio 1300	RB1 1200	RB2 1100	RB3 1100	Promedio 1133.33	RC1 1200	RC2 1100	RC3 1100	Promedio 1133.33
	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	250 000	1200	1200	1200	1200	1100	1100	1100	1100	1200	1200	1200	1200
Físicos	Temperatura (°C)	19	19.4	19.4	19.4	19.4	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6
	Turbidez (NTU)	514	24.2	24.6	24.2	24.3	19.7	19.5	19.5	19.5	19.56	21.3	21.3	21.3
Químicos	Sólidos Totales Suspendedos	218	33.4	33.4	33.8	33.53	29.2	29.2	29.6	29.33	29.7	29.5	29.5	29.56
	pH	6.465	7.72	7.75	7.75	7.73	7.22	7.24	7.24	7.23	7.03	7.03	7.06	7.04
Químicos	Aceites y grasas (mg/L)	31.4	0.27	0.25	0.25	0.26	0.15	0.17	0.17	0.16	0.21	0.21	0.23	0.22
	DBO (mg/L)	614	441	141	143	141.67	146	146	142	144.67	141	144	144	143
Químicos	DQO (mg/L)	1141	218	215	215	216	221	223	221	221.67	216	216	214	251.33
	Eficiencia de remoción de la materia orgánica (%)		DQO: 81.07%			DBO5: 76.93%	DQO: 80.57%			DBO5: 76.44%	DQO: 81.13%			DBO5: 76.71%




 Juan Julio Chacana Gonzalez

 DNI: 08447308



 Dr. Eustero Horacio Acosta Susasabar

 CIP N° 25150




 Dr. Johnny W. Valverde Flores

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-312X>

 Scopus ID Author: 57156412905

 CIP: 79862



 INSTITUTO AMBIENTAL

 CIP N° 14831

Anexo 8:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio
 1.1. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
 1.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°2 – Parámetros iniciales y finales del agua residual doméstica
 1.3. Autor(A) del instrumento: Olivera Mejía Nina y Taboada Csjá Natalia Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGIA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
 ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

85 %

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 19 de setiembre del 2022


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Anexo 9:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°2 – Parámetros iniciales y finales del agua residual doméstica
- 1.4. Autor(A) del instrumento: Olivera Mejía Nina y Taboada Caja Natalia Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGIA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
90 %

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 19 de setiembre del 2022

Atentamente,



FIRMA DEL EXPERTO INFORMAN
Juan Julio Ordoñez Gálvez
DNI: 08447308

Anexo 10:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°2 – Parámetros iniciales y finales del agua residual doméstica
- 1.4. Autor(A) del instrumento: Olivera Mejía Nina y Taboada Caja Natalia Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

90 %

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 19 de setiembre del 2022

Dr. Jhonny W. Valverde Flores
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2526-112X>
 Scopus ID Author: 57196412905
 CIP: 79862

Anexo 11:



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Dionisio Montalvo, Franklin
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Nacional Agraria de la Selva
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°2 – Parámetros iniciales y finales del agua residual doméstica
- 1.4. Autor(A) del instrumento: Olivera Mejía Nina y Taboada Caja Natalia Paola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima 19 de setiembre del 2022

SI
90%

MSC. Franklin Dionisio Montalvo
INSTRUMENTO AGRARIO
CASA SELVA

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Anexo 12:

ENSAYO N°01-A- 2022-2
INFORME DE RESULTADOS
LABORATORIO DE QUIMICA UCV-LIMA NORTE

Tipo de ensayo:	Análisis mecánico			
Descripción de la muestra:	Carbón activado de cáscaras de papa			
Realizado por:	Olivera Mejía, Nina			
	Taboada Caja, Natalia Paola			
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL CARBÓN ACTIVADO				
Carbón activado	Porosidad (%)	Granulometría (mm)	Húmedad (%)	Materia orgánica (%)
Cáscaras de papa	0.63	0.85	72	87


Natalia Taboada Caja
Operadora


Hitler Román Pérez
ING. AMBIENTAL


Nina Olivera Mejía
Operadora

Anexo 13:

ENSAYO N°01 -N- 2022-2	
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA	
LABORATORIO DE QUIMICA UCV-LIMA NORTE	
Dirección:	Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa
Tipo de ensayo:	Análisis Físico-químicos
Matriz:	Agua residual doméstica
Descripción de la muestra:	Muestra inicial
Muestra tomado por:	Olivera Mejía, Nina Taboada Caja, Natalia Paola
Fecha de ingreso de la muestra:	29/10/2022

pH					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354		6.465
		Este	76.8993132		

Temperatura					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354	°C	19
		Este	76.8993132		

Turbidez					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354	NTU	314
		Este	76.8993132		

Sólidos Suspendidos Totales					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	218
		Este	76.8993132		

Aceites y grasas					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	31.4

		Este	76.8993132		
--	--	------	------------	--	--

Demanda Bioquímica de Oxígeno					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	614
		Este	76.8993132		

Demanda Química de Oxígeno					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	1141
		Este	76.8993132		

Metodología de análisis: APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
 Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method.
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.


 Natalia Taboada Caja
 Operadora


 Hitler Román Pérez
 ING. AMBIENTAL


 Nina Olivera Mejía
 Operadora

Anexo 14:

ENSAYO N°02 -N- 2022-2	
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA	
LABORATORIO DE QUIMICA UCV-LIMA NORTE	
Dirección:	Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa
Tipo de ensayo:	Análisis Físico-químicos
Matriz:	Agua residual doméstica
Descripción de la muestra:	Muestra inicial
Muestra tomado por:	Olivera Mejía, Nina Taboada Caja, Natalia Paola
Fecha de ingreso de la muestra:	29/10/2022

Coliformes Totales					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354	NMP/100mL	230000
		Este	76.8993132		

Coliformes Termotolerantes					
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	Norte	12.0105354	NMP/100mL	250000
		Este	76.8993132		

Metodología de análisis: International Commission on Microbiological Specifications for Food. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp.


Natalia Taboada Caja
Operadora


Hitler Román Pérez
ING. AMBIENTAL


Nina Olivera Mejía
Operadora

Anexo 15:

ENSAYO N°03 -N- 2022-2
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA
LABORATORIO DE QUIMICA UCV-LIMA NORTE

Dirección:	Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa
Tipo de ensayo:	Análisis Físico-químicos
Matriz:	Agua residual doméstica
Descripción de la muestra:	Muestra tratada mediante biofiltros
Muestra tomado por:	Olivera Mejía, Nina Taboada Caja, Natalia
Fecha de ingreso de la muestra:	31/10/2022

pH							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354		7.72	7.72	7.75
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354		7.22	7.24	7.24
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354		7.03	7.03	7.06
		Este	76.8993132				

Temperatura							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354	°C	19.4	19.4	19.4
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354	°C	19.6	19.6	19.6
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354	°C	19.6	19.6	19.6
		Este	76.8993132				

Turbidez							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354	NTU	24.2	24.6	24.2
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354	NTU	19.7	19.5	19.5
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354	NTU	21.3	21.3	21.8
		Este	76.8993132				

Solidos suspendidos totales							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	33.4	33.4	33.8
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	29.2	29.2	29.6
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	29.7	29.5	29.5
		Este	76.8993132				

Aceites y grasas							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	0.27	0.25	0.25
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	0.15	0.17	0.17
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	0.21	0.21	0.23
		Este	76.8993132				

Demanda Bioquímica de Oxígeno							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	141	141	143
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	146	146	142
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	141	144	144
		Este	76.8993132				

Demanda Química de Oxígeno							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	218	215	215
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	221	223	221
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354	mg/l	216	216	214
		Este	76.8993132				

Metodología APHA-AWWA-WEF (2012)5210B
de análisis: Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992
 SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)
 SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method.
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.



 Natalia Taboada Caja
 Operadora



 Hilder Román Pérez
 ING. AMBIENTAL



 Nina Olivera Mejía
 Operadora

Anexo 16:

ENSAYO N°04 -N- 2022-2
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA
LABORATORIO DE QUIMICA UCV-LIMA NORTE

Dirección:	Asociación Agricultores Dignidad Social - Huachipa
Tipo de ensayo:	Análisis Físico-químicos
Matriz:	Agua residual doméstica
Descripción de la muestra:	Muestra tratada mediante biofiltros
Muestra tomado por:	Olivera Mejía, Nina Taboada Caja, Natalia
Fecha de ingreso de la muestra:	31/10/2022

Coliformes Totales							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354	NMP/100mL	1300	1300	1300
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354		1200	1100	1100
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354		1200	1100	1100
		Este	76.8993132				

Coliformes Termotolerantes							
Estación	Tipo de resultado	Coordenadas		Unidad de medida	Resultados		
					R-1	R-2	R-3
BIOFILTRO A	Muestra	Norte	12.0105354	NMP/100mL	1200	1200	1200
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO B	Muestra	Norte	12.0105354		1100	1100	1100
		Este	76.8993132				
BIOFILTRO C	Muestra	Norte	12.0105354		1200	1200	1200
		Este	76.8993132				

Metodología de análisis: International Commission on Microbiological Specifications for Food. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp.


Natalia Taboada Caja
Operadora


Hitler Román Pérez
ING. AMBIENTAL


Nina Olivera Mejía
Operadora

Anexo 17:



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-025-2021**

Peticionario : Universidad César Vallejo SAC.

Atención : Universidad César Vallejo SAC.

Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales. Ubicado en la Av. Alfredo Mendiola N° 6232. Los Olivos - Lima.

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : KERN Clase : II

Número de serie : W1607743 Tipo : Digital

Código de identificación : 06007637 Procedencia : ALEMANIA

Modelo : FKB36K0.1

Capacidad máxima : 36000 g

División de escala (d) : 0,1 g

División de verificación (e) : 1,0 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II - PC 011 - Indecopi - cuarta edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19.3 °C / 73%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19.4 °C / 33%

Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calibración N° M-0293-2021, M-0294-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° M-0295-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 kg con certificados de calibración N° M-0296-2021 y M-0297-2021. Con trazabilidad METROIL.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2021-08-25

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-09-02	 Vladimir Tello Torre TITULAR DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CP N° 6425E

Anexo 18:



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-024-2021**

Peticionario : Universidad César Vallejo SAC.
 Atención : Universidad César Vallejo SAC.
 Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales. Ubicado en la Av. Alfredo Mendiola N° 8232. Los Olivos - Lima.
 Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático
 Marca : OHAUS Clase : III
 Número de serie : 8034180901 Tipo : Digital
 Código interno : 06007831 Procedencia : China
 Capacidad máxima : 100 kg Modelo : T21P
 División de escala (d) : 0,01 Kg
 División de verificación (e) : 0,10 Kg
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición Usando pesas de sustitución.
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 20.7°C / 72%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20.8°C / 72%
 Patrones de referencia : Patrones utilizados, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0308-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calibración N° M-0293-2021, M-0294-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° M-0295-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 kg con certificados de calibración N° M-0296-2021 y M-0297-2021. Con trazabilidad METROIL.
 Número de páginas : 3
 Fecha de calibración : 2021-08-24

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-09-02	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAJALA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

Anexo 19:



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMI-008-2021**

Peticionario : Universidad César Vallejo SAC.
 Atención : Universidad César Vallejo SAC.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Ubicado en la Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1 Urb. Las Praderas de Huachipa, Lurigancho Chosica.
 Tipo de instrumento : Horno de secado para muestras
 Marca : QUINCY LAB, INC.
 N° de serie : G41-2703
 Modelo : 40GC-1
 Alcance : T. Amb. Hasta 232 °C
 Tipo de Indicación : Indicación digital.
 Código : 08007633
 Procedencia : USA.
 Método de calibración : Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático PC 018 - Indecopi. 2° Edición.
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19.2 °C / 70%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19.2 °C / 70%
 Patrones de referencia : Patrón utilizado Thermometer mit PT-100, marca MBW Calibration AG, modelo T12, N° de serie 19-0728, certificado de calibración 3000MBW2019 con trazabilidad SWISS CALIBRATION.
 Número de páginas : 4
 Fecha de calibración : 2021-08-31

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-09-02	 Vladimir Tello Torro TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JARA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

Anexo 20:

Muestreo de agua residual doméstica



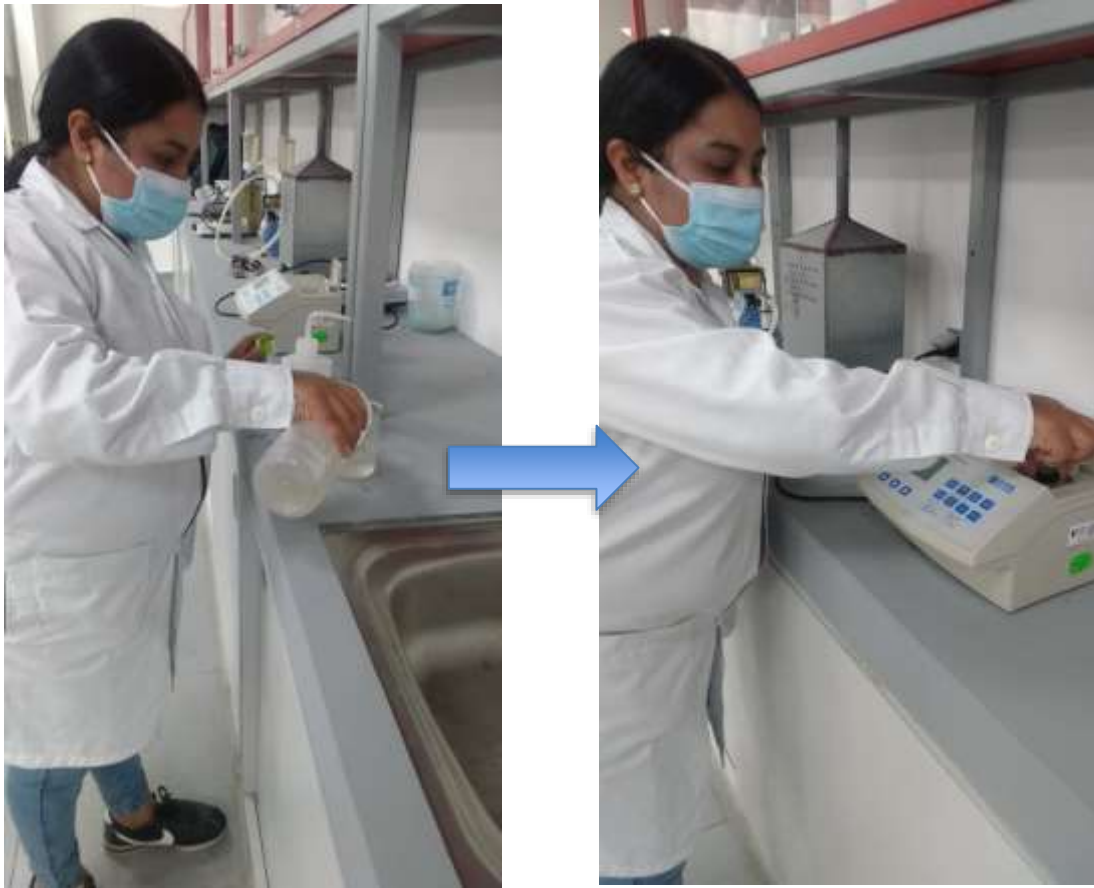
Anexo 21:

Elaboración de los biofiltros



Anexo 22:

Análisis de la turbidez del agua



Anexo 23:

Análisis de SST del agua



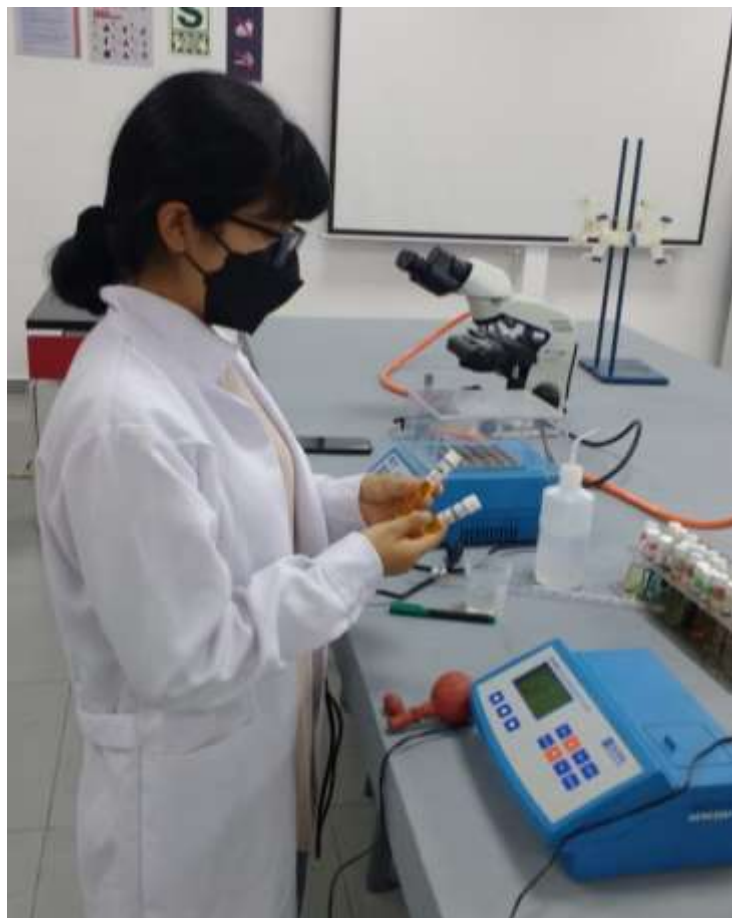
Anexo 24:

Análisis de la DBO₅ del agua



Anexo 25:

Análisis de DQO del agua





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENITES ALFARO ELMER GONZALES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "BIOFILTRO CON CARBÓN A BASE DE CÁSCARAS DE PAPA Y ARCILLA PARA REDUCIR LA MATERIA ORGÁNICA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES DÓMESTICAS DE LA ASOCIACIÓN AGRICULTORES DIGNIDAD SOCIAL - HUACHIPA, 2022", cuyos autores son OLIVERA MEJIA NINA, TABOADA CAJA NATALIA PAOLA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 08 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BENITES ALFARO ELMER GONZALES DNI: 07867259 ORCID: 0000-0003-1504-2089	Firmado electrónicamente por: ELBENITESALF el 08-12-2022 11:59:16

Código documento Trilce: TRI - 0479549