



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y
pecana para aguas residuales domésticas vertidas al río
Alameda, Ayacucho.**

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

AUTORAS:

Flores Casaverde, Aydee (orcid.org/0000-0002-5677-8263)

Rojas Rivera, Erika (orcid.org/0000-0002-8941-0289)

ASESOR:

Mg. Montalvo Morales, Kenny Ruben (orcid.org/0000-0003-4403-4360)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

Dedicatoria

Este presente Investigación es dedicado con mucho cariño y respeto a nuestros padres y hermanos, quienes nos brindaron motivación e inculcado hacia el camino de la superación y cumplir nuestros sueños anhelados en la vida.

Agradecimiento

Gracias primeramente al altísimo señor todo poderoso que día a día nos cubre con su manto protector, a nuestra familia por apoyarnos en todos los aspectos de la vida. A nuestros hermanos por el aliento en cada logro que vamos alcanzando y a la Universidad Cesar Vallejo por la oportunidad que nos brinda de crecer profesionalmente, como también gracias a nuestro asesor Mg. Kenny Rubén, Montalvo Morales por su apoyo brindado.

Índice de contenidos

| | |
|---|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de Figuras..... | viii |
| Resumen | ix |
| Abstract | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 13 |
| 3.1.Tipo, diseño y nivel de investigación..... | 13 |
| 3.2.VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN..... | 14 |
| 3.3.Población (criterio de selección) muestra, muestreo y unidad de análisis .. | 14 |
| 3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 15 |
| 3.5.Procedimiento..... | 17 |
| 3.6.Método de análisis de datos..... | 31 |
| 3.7.Aspectos éticos..... | 31 |
| IV. RESULTADOS..... | 32 |
| V. DISCUSIÓN | 62 |
| VI. CONCLUSIONES | 65 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 66 |
| REFERENCIAS..... | 67 |
| ANEXOS..... | 73 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 1: Simbología del tratamiento experimental</i> | 13 |
| <i>Tabla 2: Fichas de recolección de datos en campo.</i> | 15 |
| <i>Tabla 3: Expertos que validaron los instrumentos</i> | 16 |
| <i>Tabla 4: Georreferenciación del lugar de toma de muestra RA-A: Rio Alameda – Ayacucho</i> | 17 |
| <i>Tabla 5: Materiales y equipos utilizados para la toma de muestra</i> | 18 |
| <i>Tabla 6: Procedimientos para la elaboración de biocarbón (1)</i> | 21 |
| <i>Tabla 7: Procedimientos para la elaboración de biocarbón (2)</i> | 23 |
| <i>Tabla 8: Parámetros físicos y químicos (método potenciométrico)</i> | 24 |
| <i>Tabla 9: Parámetros biológicos del agua (método Winkler)</i> | 25 |
| <i>Tabla 10: Parámetros gravimétricos del agua residual doméstica</i> | 27 |
| <i>Tabla 11: Datos de diseño de la columna de lixiviación</i> | 30 |
| <i>Tabla 12: Rendimiento del mesocarpio de coco</i> | 32 |
| <i>Tabla 13: Humedad del mesocarpio de coco</i> | 32 |
| <i>Tabla 14: Rendimiento de la pecana</i> | 33 |
| <i>Tabla 15: Humedad de la cascara de la pecana.</i> | 33 |
| <i>Tabla 16: Parámetros físico-químicos de la cascara de coco y pecana</i> | 34 |
| <i>Tabla 17: Parámetros físico-químicos del agua residual domestica</i> | 34 |
| <i>Tabla 18: Oxígeno disuelto (OD) inicial del agua residual doméstica</i> | 35 |
| <i>Tabla 19: Demanda bioquímica del oxígeno (DQO)</i> | 35 |
| <i>Tabla 20: Demanda bioquímica del oxígeno (DBO5)</i> | 35 |
| <i>Tabla 21: Sólidos Disueltos Totales</i> | 35 |
| <i>Tabla 22: Sólidos disueltos</i> | 36 |
| <i>Tabla 23: Sólidos Suspendidos Totales</i> | 36 |
| <i>Tabla 24: Determinación de la constante k para fines de espectrofotometría</i> | 36 |
| <i>Tabla 25: Determinación de los nitratos, sulfatos y fosfatos en el agua residual.</i> 36 | |
| <i>Tabla 26: Coliformes Totales en agua residual domestica (método tubos seriados y siembra en placas Petri)</i> | 37 |
| <i>Tabla 27: Humedad del mesocarpio de coco como biocarbón</i> | 37 |
| <i>Tabla 28: Materia Volátil (MV%) del biocarbón de cáscara de coco</i> | 37 |
| <i>Tabla 29: Ceniza (C%) del biocarbón de cascara de coco</i> | 38 |

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 30: Carbono fijo (CF%) del biocarbón de cáscara de coco</i> | 38 |
| <i>Tabla 31: Humedad del mesocarpio de Pecana como biocarbón</i> | 38 |
| <i>Tabla 32: Ceniza (C%) del biocarbón de cascara de Pecana</i> | 38 |
| <i>Tabla 33: Carbono fijo (CF%) del biocarbón de cascara de Pecana</i> | 38 |
| <i>Tabla 34: Análisis granulométrico de cascara de coco</i> | 39 |
| <i>Tabla 35: Análisis granulométrico de la cascara de Pecana</i> | 39 |
| <i>Tabla 36: Obtención del pH optimo</i> | 40 |
| <i>Tabla 37: Agua residual domestica para cinética de adsorción con cascara de coco</i> | 40 |
| <i>Tabla 38: Agua residual domestica para cinética de adsorción con coco y pecana</i> | 41 |
| <i>Tabla 39: Cinética de adsorción del biocarbón de coco</i> | 41 |
| <i>Tabla 40: Cinética de la adsorción del biocarbón de pecana</i> | 42 |
| <i>Tabla 41: Isotermas de Langmuir del biocarbón de coco</i> | 44 |
| <i>Tabla 42: Isotermas de Langmuir del biocarbón de pecana</i> | 45 |
| <i>Tabla 43: Parámetros físico químico de los tratamientos del agua residual doméstico</i> | 47 |
| <i>Tabla 44 Pruebas de normalidad Parámetros Fisico Quimicos del Coco</i> | 48 |
| <i>Tabla 45 Pruebas de normalidad biocarbón de pecana</i> | 48 |
| <i>Tabla 46 : Pruebas de normalidad del Tratamiento de coco más pecana</i> | 48 |
| <i>Tabla 47: Oxígeno disuelto del tratamiento del agua residual domestica</i> | 50 |
| <i>Tabla 48: Pruebas de normalidad del Oxígeno Disuelto</i> | 50 |
| <i>Tabla 49: Demanda química de oxigeno del tratamiento del agua residual doméstica</i> | 51 |
| <i>Tabla 50: Pruebas de normalidad Demanda Química de Oxigeno</i> | 51 |
| <i>Tabla 51: Demanda bioquímica de oxígeno</i> | 52 |
| <i>Tabla 52: Pruebas de normalidad del Demanda Bioquímica de Oxigeno</i> | 52 |
| <i>Tabla 53: Sólidos disueltos totales</i> | 54 |
| <i>Tabla 54: Pruebas de normalidad de los Solidos Disueltos Totales</i> | 54 |
| <i>Tabla 55: Sólidos Disueltos</i> | 55 |
| <i>Tabla 56: Pruebas de normalidad de Sólidos Disueltos</i> | 55 |
| <i>Tabla 57: Sólidos suspendidos totales</i> | 56 |

| | |
|---|----|
| Tabla 58: Determinación de sulfatos en el tratamiento del agua residual doméstica. | 58 |
| Tabla 59: Pruebas de normalidad de Sulfatos..... | 58 |
| Tabla 60: Determinación de fosfatos en el tratamiento del agua residual domésticas. | 59 |
| Tabla 61: Pruebas de normalidad de Fosfatos..... | 59 |
| Tabla 62: Determinación de Nitratos y Coliformes Totales en el tratamiento del agua residual..... | 60 |
| Tabla 63: Pruebas de normalidad de Nitratos..... | 60 |
| Tabla 64: Pruebas de normalidad de Coliformes Totales..... | 61 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapa de Ubicación de la estación de muestreo de aguas residuales, elaboración propia..... | 17 |
| Figura 2. Determinación in situ de los puntos sensibles donde se realizó el trabajo, de elaboración propia..... | 18 |
| Figura 3. Biomasa de coco. | 19 |
| Figura 4. Endocarpio de coco en proceso de trituración. | 20 |
| Figura 5. Biomasa de pecana. | 20 |
| Figura 6. Diseño del tratamiento de agua residual. | 30 |
| Figura 7. Comportamiento de la adsorción del biocarbón de coco, de elaboración propia..... | 42 |
| Figura 8. Comportamiento de la adsorción del biocarbón de Pecana, de elaboración propia..... | 43 |
| Figura 9. Gráfica de Isoterma de Langmuir para la adsorción con | 44 |
| Figura 10. Gráfica de Isoterma de Langmuir para la adsorción con biocarbón con cascara de pecana..... | 45 |
| Figura 11. Resultado de pH(acido/base), CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Eh (mV), T (NTU) con filtros a base de cascara de Coco, Pecana y Pecana más Coco. Fuente: Elaboración propia..... | 49 |
| Figura 12. Resultado de DQO y DBO5 del agua tratada con filtros a base de coco, pecana y pecana más coco. | 53 |
| Figura 13. Resultado de los SDT y SD del agua tratada con los filtros de columnas de lixiviación de cáscara de coco, pecana y pecana más coco. | 57 |
| Figura 14. Nitratos (N) y Coliformes Totales (CT). | 61 |

Resumen

La investigación se realizó con el objetivo de determinar un plan piloto aplicable con Columnas de lixiviación con matrices de Biocarbón de coco y pecana, para aguas residuales domésticas vertidas al Río Alameda, Ayacucho.

Con un tipo de investigación aplicada con un enfoque cuantitativo, el diseño fue mediante un sistema comunicante con columnas de lixiviación que se encuentra en cada uno de los matrices de biocarbón de coco y pecana, se analizó los parámetros físico químicos del agua residual: conductividad eléctrica, PH, turbidez, temperatura, SST, SD, SDT, DBO, DQO. A la vez los biológicos y microbiológicos. En la tesis de investigación se obtuvo el biocarbón con la cáscara de coco y pecana, mediante el método de la pirólisis con una granulometría de 1mm y 2mm que fueron puestos en cada uno de los filtros para realizar el tratamiento de aguas residuales domésticas. El resultado obtenido fue la mejor eficiencia de remoción en los parámetros: turbidez y solidos suspendidos totales con 98.25% y 99.23% respectivamente por lo cual la dosis óptima se obtuvo en un tiempo de 6 horas, en las columnas de lixiviación a base de biocarbón de cascara en de coco con una eficiencia de remoción promedio de 65%.

Palabras clave: pirolisis, adsorción, granulometría, filtro y gravimétrica.

Abstract

The investigation was carried out with the objective of determining an applicable pilot plan with leaching columns with coconut and pecan Biochar matrices, for domestic wastewater discharged into the Alameda River, Ayacucho.

With a type of applied research with a quantitative approach, the design was through a communicating system with leaching columns found in each of the coconut and pecan biochar matrices, the physical-chemical parameters of the residual water were analyzed: electrical conductivity, PH, turbidity, temperature, TSS, SD, SDT, BOD, COD. Both biological and microbiological. In the research thesis, biochar was obtained with coconut and pecan shells, through the pyrolysis method with a granulometry of 1mm and 2mm that were placed in each of the filters to carry out the treatment of domestic wastewater. The result obtained was the best removal efficiency in the parameters: turbidity and total suspended solids with 98.25% and 99.23% respectively, for which the optimal dose was obtained in a time of 6 hours, in the biochar-based leaching columns of coconut shell with an average removal efficiency of 65%.

Keywords: pyrolysis, adsorption, granulometry, filter and gravimetric.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación excesiva generada por las aguas residuales está aumentando dramáticamente cada día en todo el mundo. En ese sentido, estudios recientes han demostrado que alrededor de 6,2 millones de toneladas de nitrógeno por año; son vertidas al mar en consecuencia, proliferan diversas clases de algas perniciosas, incrementan la eutrofización causando «zonas muertas» tanto en mares como en océanos, ocasionando la muerte de los seres acuáticos (Mowbray 2022).

Desde el punto de vista de Parchami *et al.* (2020, p.2), esta problemática es uno de los efectos del incesante crecimiento de la población mundial que a su vez genera a diario enormes cantidades de desechos.

En el caso del Perú, el manejo no sobrepasa el 25 % del total; esto quiere decir, que el 75 % se vierte en diversas fuentes sin tratar, lo que afecta negativamente los ecosistemas nacionales y la salud de muchos peruanos (Córdova, 2023). Por otro lado, las aguas residuales contaminadas se infiltran en el subsuelo e infectan las aguas subterráneas (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014); de manera que, el problema es mucho más complejo de lo que parece.

De acuerdo con Bardon (2021, p. 5), las aguas residuales domésticas e industriales —sin ningún tipo de manejo— vertidas en el medioambiente componen hoy una proporción enorme; esto es más alarmante en países con bajos ingresos económicos, donde se trata sólo un 8 % del total; en cambio, los países con altos ingresos lo hacen en un 70 %. Se descargan aguas residuales infectadas por fosfatos, nitratos, disolventes y bacterias en ríos y lagos que terminan en el mar, con negativas secuelas para el ambiente y la salud pública. De modo que, los mencionados agentes tóxicos causan muchas enfermedades como diabetes mellitus, males cardiovasculares y cáncer (Larios-Meño *et al.*, 2015).

El problema de las aguas residuales es motivo de mucha preocupación para las autoridades regionales y locales del país, pero también para los investigadores. En atención a ello, el presente trabajo se enfoca en el río Alameda del distrito de Ayacucho, que viene siendo empleado como sumidero de aguas residuales y demás desechos; por tanto, el agua contaminada supera su capacidad de purificar,

generando así pérdidas y desaparición de fauna y flora acuática (Méndez, 2016). Así como problemas serios para la agricultura que se practica río abajo. Esto quiere decir, que en dicho lugar la contaminación por aguas residuales es muy serio y amerita una investigación de este tipo.

El área de estudio abarca toda la microcuenca del río Alameda, incluyendo la zona urbana de la ciudad de Ayacucho, que está ocupada y rodeada de viviendas desde donde se vuelcan de manera directa las aguas residuales. De continuar este problema, empeorará el estado del agua, se dañará por completo la flora y fauna, incrementará males relacionados y aparece otras nuevas, perjudicando la salud de las personas; asimismo; el avance de aguas contaminadas, irán dañando cada vez más a ecosistemas existentes y otras poblaciones en el curso bajo del río; todo ello, a falta o un inadecuado tratamiento de aguas servidas (Cáceres *et al.*, 2018).

De ahí que, surge esta investigación para demostrar que existen nuevas y más eficientes formas de tratamiento de las aguas residuales domésticas; entre ellas, las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón activado utilizando las cáscaras de coco y pecana. Dicho tratamiento, a nuestro juicio, es expedito y bastante viable.

Ante esta problemática descrito, nos planteamos las siguientes preguntas problema general: ¿De qué manera las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de cáscara de coco (*Nucifera*) y pecana (*Carya illinoensis*) podrán depurar las aguas residuales domésticas del río Alameda, Ayacucho?; asimismo problemas específicos: a. ¿Cómo se realizarán las caracterizaciones físicas del biocarbón de cáscara de coco y pecana para depurar las aguas residuales domésticas?; b. ¿Cuáles serán las propiedades físico-químicas, biológicas, gravimétricas y microbiológicas en el agua residual doméstica antes y post tratamiento con biocarbón de coco y pecana?; c. ¿Cuáles serán la dosis y granulometría del biocarbón en las columnas de lixiviación para la reducción, gravimétrica, mejora biológica como microbiológica del agua residual doméstica?.

Según la justificación desde hace tiempo atrás, el río Alameda sufre de contaminación por aguas residuales domésticas; por tanto, existe un verdadero riesgo para el medio ambiente (deterioro paisajístico, desaparición de flora y fauna local) y la salud pública (enfermedades infecto contagiosas o transmisibles). Este problema Socioambiental es sumamente crítico, ya que retrasa toda iniciativa que busca mejorar la calidad de vida de la población (Quispe *et al.*, 2020); por consiguiente, impide el avance hacia los objetivos de desarrollo sostenible. En atención a ello, esta investigación encuentra justificación en tres ámbitos: teórico, práctico y metodológico.

En lo teórico, pretende llenar vacíos académicos existentes respecto a la temática; en tanto que, los resultados y conclusiones servirán de antecedente para futuros estudios que busquen solucionar el problema, ya sea a nivel local, nacional o internacional; asimismo, brinda definiciones sobre las categorías teóricas clave en este tipo de estudios.

En lo práctico, el trabajo procura de manera directa coadyuvar en la depuración del efluente que es vertida al río Alameda, mediante una novedosa y sencilla propuesta: columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de cáscara de coco y pecana.

En lo metodológico, el procedimiento seguido para la purificación de aguas contaminadas y los instrumentos empleados pueden ser replicados y usados en otros estudios. De ahí que, la importancia social del estudio sea irrefutable, porque beneficiará directamente a la población aledaña, que es numerosa; contribuyendo así, a mejorar la calidad de vida de la población y un ambiente más sano. Pese a que hay distintas propuestas de solución, consideramos que la nuestra es realizable por su sencillez y el uso de materiales reciclables que se hará en ella, además que su acceso es fácil.

Se tiene como objetivo general : Evaluar las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de cáscara de coco (*Nucifera*) y pecana (*Carya illinoensis*) en la depuración del agua residual domésticas en el efluente vertida al río Alameda, Ayacucho y como objetivos específicos : a. Determinar las características físicas del biocarbón de cáscara de coco y pecana utilizando en la depuración del agua

residual domésticas; b. Identificar las propiedades físico-químicas, biológicas, gravimétricas y microbiológicas en el agua residual doméstica antes y post tratamiento con biocarbón de coco y pecana; c. Determinar las dosis y granulometría del biocarbón de cáscara de coco y pecana en las columnas de lixiviación para la reducción, gravimétrica y mejora biológica como microbiológica del agua residual doméstica.

La hipótesis general son las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de cáscara de coco (*Nucifera*) y pecana (*Carya illinoensis*) conseguirán depurar las aguas residuales domésticas que contaminan el río Alameda, Ayacucho, y las hipótesis específicas son: a. Las características físicas del biocarbón de cáscara de coco y pecana tendrán una buena bioadsorción en la depuración de las aguas residuales domésticas; b. Las propiedades físico-químicas, biológicas y microbiológicas en el agua residual doméstica obtendrán una mejor calidad después del tratamiento con biocarbón de coco y pecana; c. Las dosis y granulometría del biocarbón en las columnas de lixiviación reducirán en un 56% los contaminantes del agua residual doméstica que contaminan al río Alameda.

II. MARCO TEÓRICO

según Méndez (2016, p. 18), quien presentó la tesis “Determinación del nivel de contaminación por aguas residuales domiciliarias del río Alameda - distrito de Ayacucho - provincia de Huamanga - departamento de Ayacucho”, los resultados muestran que a lo largo de la senda del río Alameda, la calidad de agua varía de buena a mala, como consecuencia del vertimiento de aguas residuales domésticas. Concluye que los rasgos físico-químicos y microbiológicos del mencionado río revelan un impacto negativo por derramado de aguas residuales domiciliarias.

Según Cáceres et al. (2021), determinó la eficiencia de tres sistemas de depuración de aguas residuales domésticas las cuales son: *Eichornia crassipes*, hipoclorito de calcio e *Eisenia foetida*. Lo cual se analizó y determinó su estado inicial de los parámetros físicos (T° y STS), químicos (pH y DBO_5) y microbiológicos (coliformes Termotolerantes). Este afluyente -previo proceso de pre-sedimentación- fue tratado en tres sistemas de depuración, al igual los efluentes fueron analizados considerando los mismos parámetros, cada uno con dos repeticiones. Los resultados obtenidos mostraron como el más eficiente al conformado por *E. foetida* + *E. crassipes*, con un descenso medio de $5^{\circ}C$, 94.48% de STS, 98.41% de DBO_5 , 100.00% de coliformes Termotolerantes, y un pH final de 7.51.

Gamarra (2021), en su tesis de investigación planteo un sistema de vermifiltro en la depuración de contaminantes de las aguas residuales domésticas, mediante la instalación de una planta piloto conformada por 3 tratamientos que fueron regados con diferentes caudales. Para poder determinar la eficiencia de remoción se analizaron primero los parámetros fisicoquímicos del agua residual, como resultado final se obtuvo una remoción de 96,7% de (DBO_5) para los 3 tratamientos; 86,5%, 82,57% y 79,95% de (DQO) de 95,3%, 96,1% y (SST) de 95,5% y el pH en los 3 sistemas se tuvo un pH ácido de 6,58 y después del tratamiento se obtuvo un pH neutro de 7,51. En conclusión se determinó que el sistema de vermifiltro tiene alta eficiencia en la depuración de contaminantes de las aguas residuales domésticas.

Espinal (2017, p.19), se planteó evaluar el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias, utilizando el carbón activado a base de cáscara de coco. Los

resultados mostraron la eficacia al momento de tratar las aguas residuales; puesto que, una partícula en polvo (mm) logró remover el 99.96 % de grasas y aceites, el 98.48 % de coliformes con tolerancia calórica y 56.20 % de DBO₅. Concluyó que los tratamientos tuvieron una eficiencia: TRAT-P (85.30 %) y TRAT-G (70.34 %); sin embargo, el primero fue más eficiente en remover los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Sabara et al. (2022, p. 1), quienes evaluaron la manera de tratar las aguas grises mediante «Activated Carbon and Coconut Coir with the Incorporation of ABR System as Greywater Filter: The Implications for Wastewater Treatment», con la finalidad de reutilizar el agua y mantener la conservación ambiental. Los resultados obtenidos al emplear tecnologías ABR (Reactor anaeróbico deflector) y MF (Filtro de membrana) —con AC (carbón activo) y CC (fibra de coco) como materiales principales— reduce efectivamente los niveles de turbidez, DBO, DQO y TSS; al mismo tiempo, aumenta el pH de las aguas residuales. Concluyeron que estos resultados, adquiridos con la ejecución de una herramienta de filtración portátil con bajo costo de producción, cumplen el umbral estándar de la OMS de 30 mg L⁻¹.

Por su parte Chen et al.(2019), utilizó un biorreactor anaeróbico de lecho fluidizado (AFBR) conectado con un biorreactor anaeróbico de membrana fluidizada (AFMBR), como portadores para tratar las aguas residuales domésticas a temperatura ambiente (20–35°C) y (DQO) de 130±38 mg/L). Los resultados indican el 95 % de la DQO se eliminó en el AFBR después de 30 días de operación. Cuando el sistema AFBR-AFMBR se hizo funcionar con un TRH de 3 a 4 h, la DQO, (DBO₅) y los (SS) se eliminaron en un 84, 87 y 96 %, respectivamente, con el efluente correspondiente. DQO, DBO y SS de 20, 8 y 2 mg/L, utilizando la ecuación de Stover-Kincannon. Esto facilitó que el sistema AFBR-AFMBR eliminara los compuestos orgánicos a niveles inferiores a los límites de descarga.

En el presente estudio, en el carbón activado hecho de cáscara de coco, tenía una capacidad de adsorción moderada a 303 K, se adsorbió una pequeña cantidad de iones de fosfato a 373 K, lo que significa que era un adsorbente apropiado para el método de cambio de temperatura. El tratamiento térmico a 1273 K durante 3 horas, se recuperó el 86% del ion fosfato de una solución acuosa con 1,0 mmol. L⁻¹ de ion

fosfato mediante el cambio de temperatura entre 303 y 373 K. El activado tratado térmicamente el carbono era reutilizable al menos tres veces sin ninguna pérdida de rendimiento grave (Miyazato et al., 2020).

Según Rondón et al. (2022, p. 126), buscaron evaluar el empleo de cáscara de coco como una alternativa filtrante en el tratamiento del agua de campo; Las averiguaciones revelan que la aplicación de un tamaño de partícula de cáscara de coco de mm logró disminuir el concentrado de sólidos, desde 170 mg L^{-1} hasta 53 mg/l , con una eficacia de 68.82 %; asimismo, redujo la junta de aceites en agua, con una eficacia de 98.55 %, la investigación concluye con que la alternativa que eligieron fue viable y a bajo costo.

Lestari et al. (2020, p. 8), se propusieron a tratar el agua contaminada del río mediante el «Treatment of Water River with Activated Carbon from Coal and Palm Shells as Adsorbent», con la finalidad de convertirla en agua apta para el consumo, en conclusión se dio a conocer que la cáscara de palma tiene una mejor capacidad de adsorbente, ya que se obtuvo como resultado—durante 6 horas— puede reducir la DBO (demanda de oxígeno bioquímico) de 5.11 mg L^{-1} a 1.13 mg L^{-1} , N total de 21.331 mg L^{-1} a 2.986 mg L^{-1} , P total de 0.322 mg L^{-1} a 0.141 mg L^{-1} , y SST de 53 mg L^{-1} a 7 mg L^{-1} . Mientras que los parámetros de OD (oxígeno disuelto) permanecieron relativamente sin cambios, de 1.81 mg L^{-1} a 1.83 mg L^{-1} .

Vayas (2017, p. 5), comprobó que al utilizar como filtro el carbón vegetal con las costras de coco para demostrar la reducción de los contaminantes y constatar que sea eficiente al tratar las aguas residuales de la textilería. Los resultados exponen que la aplicación del filtro de carbón activado vegetal con costras de coco disminuyó la contaminación de los parámetros DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno en 5 días, con eficiencia de 66.69 %), DQO (demanda química de oxígeno, con eficiencia de 66.20 %) y color (con eficiencia de 26.53 %) del agua; además, hay un promedio de eficiencia total del filtro igual a 53.14%.

Según Calle y Condor (2022), en su investigación plantearon como objetivo determinar el control de coliformes totales y biológicos mediante el método de la pirólisis, utilizando biomásas de los residuos orgánicos como: cascara de piña, granada y maracuyá; los cuales actúan como adsorbentes en las aguas residuales.

El resultado que obtuvo esta investigación es la reducción del DQO al 75%, DBO al 59% y los coliformes totales al 95%, lo cual indica la efectividad de este método, con ello se evita tener impactos ambientales que perjudiquen la salud humana y del ambiente.

Sajeda Al-Saydeh, et. (2017), afirma que existen muchas técnicas para tratar diferentes tipos de aguas residuales, como las técnicas más avanzadas de tratamiento de aguas residuales, como la adsorción, la filtración por membrana, la cementación y la electrodiálisis. La revisión esboza la investigación actual en el área en términos de debilidades y fortalezas, lo que lleva a la prospectiva de investigación futura y señala las lagunas que deben ser abordadas en la investigación futura.

El agua es uno de los componentes naturales fundamentales del planeta, esencial para cualquier forma de vida; pese a que es abundante, cubre casi tres cuartas partes de superficie de la tierra, solo el 0.6 % del total es apta para el ser humano, así como sus diversas actividades (domésticas, agrícolas e industriales), hallándose en ríos, lagos y lagunas, y acuíferos del subsuelo: siendo así, sin duda es escasa (Castañeda y Flores, 2013, p. 2).

Las aguas residuales domésticas (llamadas también servidas, sanitarias, negras o cloacales) proceden de residencias, viviendas, unidades habitacionales, fraccionamientos, edificios habitacionales, centros comerciales e institucionales (Moeller *et al.*, 2015). De modo que, por donde se vea, las aguas residuales domésticas están contaminadas, ya que contienen materiales suspendidos y elementos disueltos tanto inorgánicos como orgánicos (Silva *et al.*, 2008, p. 351); por tanto, sus características físicas, químicas y biológicas se hallan alteradas, perdiendo su potabilidad para el consumo cotidiano, así como para su empleo en distintas actividades humanas (Castañeda y Flores, 2013, p. 2).

Desde el punto de vista de Noyola (1996, citado hecha en Osorio-Rivera *et al.*, 2021, p. 236), hay varias formas de tratar las aguas residuales domésticas; por tanto, existen al menos tres grandes clasificaciones: por el grado de tratamiento, por operaciones, procesos, y por niveles; de todas ellas, las más difundidas son las últimas, que comprende a los preliminares, primarios, secundarios y terciarios. En

fin, el tratamiento de las aguas residuales con calidad involucra atender los necesarios indicadores y parámetros de evaluación (Osorio-Rivera *et al.*, 2021).

Columnas de lixiviación, denominado también test de lixiviación en columnas, tiene que ver con una columna de acrílico o PVC; incluye tapas perforadas por debajo. Borie (2021), sostuvo que el sistema descarga por la parte baja al pasar el extractante a través de fibra o lana de vidrio y tapas perforados, mediante una bomba peristáltica para asegurar un flujo regular y se debe diseñar con suficiente espacio para poder inundar la superficie de la columna mediante una columna de agua, todo lo anterior conforma un sistema de descarga en conjunto con una pieza muy similar a un embudo". (p. 2).

Biocarbón activado: según Henao-Toro *et al.* (2020), a este material carbonoso se le atribuye en diversos estudios científicos bondades y efectividad en la remediación de varias matrices medioambientales; en especial, del agua. Estas características y propiedades del biocarbón —relativas a la adsorción de contaminantes— responden al tipo de materias primas que se emplean en su elaboración: que son de origen orgánico, ricos en lignocelulosa (lignina, hemicelulosa y celulosa), en nuestro caso de cáscaras de coco y pecana.

El proceso de combustión de la biomasa, como la velocidad de calentamiento también condiciona la porosidad y el área superficial a través de la transferencia de masa y resistencia al calor mediante un proceso de pirólisis, al aumentar la velocidad del calentamiento, se favorece la volatilización y con esto, aumenta la porosidad (Henao-Toro *et al.*, 2020, p. 31).

Métodos de activación del biocarbón, de acuerdo con Luna *et al.* (2007, p. 42), existen dos tipos de activación: activación física o térmica y química. En la primera, la porosidad resulta de la «gasificación del material carbonizado a temperaturas elevadas»; durante la carbonización se eliminan el oxígeno e hidrógeno para formar la estructura porosa; en tanto que, en la gasificación se expone al carbonizado a una «atmósfera oxidante (vapor de agua, dióxido de carbono, o mezcla de ambos)», eliminando así productos volátiles y aumentando el volumen de los poros: el producto se denomina carbón primario.

En la segunda la porosidad se obtiene mediante «reacciones de deshidratación química, que tienen lugar a temperaturas mucho más bajas»: el carbón recibe el nombre de secundario.

Procesos para obtener el biocarbón, comprenden un conjunto de tecnologías termoquímicas que transforman la biomasa en «fuentes de energía renovable»; a este respecto, diversos autores (Laird *et al.*, 2009; Brick, 2010; Ippolito *et al.*, 2011, citados por Escalante *et al.*, 2016), clasificaron en cuatro categorías: la pirólisis lenta, rápida, ultrarrápida y la gasificación.

En la pirólisis lenta el calentamiento de la biomasa ocurre en lapsos pausados, bajas temperaturas y prolongados tiempos de residencia de sólidos y gas. Durante la pirólisis rápida el calentamiento del material sobrepasa los $200^{\circ}\text{C s}^{-1}$, las temperaturas prevalecientes son superiores a 500°C y la residencia del vapor es muy corta (por eso los productos son líquidos y bioaceites). La pirólisis ultrarrápida ocurre a temperaturas templadas ($400\text{-}600^{\circ}\text{C}$), pero las tasas de calentamiento son rápidas ($>2^{\circ}\text{C s}^{-1}$) y el tiempo de residencia del vapor es menor a 2 segundos (Escalante *et al.*, 2016).

La cáscara de coco es viable que genera una gran disminución de los parámetros estudiados aplicando medio filtrante con el mesocarpio y endocarpio de la cáscara de coco (cocos nucifera), con uno de los objetivos de reducir los costos del tratamiento (Rondón Perdomo *et al.*, 2020). A la vez es utilizada como bioadsorbente para el tratamiento de las aguas residuales el carbón de coco para identificar los potenciales contaminantes y cuan eficiente como adsorbente, en tal la dosificación 15 g/l y una duración de 90 minutos para eliminar el 90% de fosfato y el 97% de zinc para tamaño de partícula de 150um. (Packialakshmi *et al.*, 2021).

Según Fraume (2007, p. 142), la depuración refiere al tratamiento de una sustancia sólida, líquida o en solución, otras sustancias que disminuyen la pureza o perjudican la calidad; por otro lado, cuando se habla de depuración del agua, implica «diferentes procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de

viviendas e industrias; la depuración de aguas residuales alude a la eliminación de contaminantes de las aguas residuales.

Lixiviación, partiendo de las ideas de Fraume (2007), entendemos por lixiviación al proceso a través del cual el agua residual —al atravesar una capa de biocarbón activado— se absorbe los contaminantes; de manera que, ocurre la depuración del agua.

La pecana, pecano o pecán (*Carya illinoensis*) es un fruto comestible de forma ovoide y color marrón, posee una cáscara dura y lisa; además, es fuente de fibra, ácidos grasos, fitoesteroles y antioxidantes.

Temperatura: Es una magnitud fundamental del sistema internacional de unidades (SI), que se mide el calor y frío de un cuerpo, lo cual indica el grado de agitación de las moléculas que constituye un cuerpo, se miden en escalas Fahrenheit, kelvin y Celsius. La Real Academia Española (RAE 2022).

Potencial de hidrogeno: parámetro que mide la concentración de iones idóneos presentes en el agua, determina si es una sustancia ácida, neutra o básica, escala de 0 – 14 neutra, 7 neutra, < 7 ácido, > 7 básica. (Tafur Bardales 2017, p.35).
Potencial redox: una forma de medir la oxidación – reducción por medio de un electrodo; generando energía, negativo reducción y positiva oxidación. (Acqua Tecnología, 2020).

Turbidez: Es uno de los parámetros de lata importancia en la calidad del agua, la turbidez indica de una mayor probabilidad de contaminación microbiológica por compuestos tóxicos, que se aglutinan a la materia dispersa en el agua (Alberto y Hanna, 2018).

Sólidos disueltos totales (STD): En la mayoría son de origen orgánico, en su mayoría son de desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel la cual forman masas sólidas suspendidas en el agua. (Saltos y Zambrano, 2021, P.10).

Sólidos Disueltos (SD): Son sales inorgánicas de calcio, potasio, sodio, cloruros y sulfatos; están presentes en el agua de consumo procedentes de fuentes naturales,

residuales o industriales. En conclusión, es la suma de minerales, sales disueltas y metales. (Saltos y Zambrano, 2021, P.11).

Los coliformes totales (UFC): se miden en la calidad de agua, algunas especies de coliformes son asociadas permanentemente a desechos orgánicos e inorgánicos ya que estas pueden multiplicarse en presencia de material orgánico, los cuales pueden ser del suelo o de las aguas superficiales (Guías para la calidad del agua potable, volumen 3, 2013).

El Tiempo de retención: es el líquido que ingresa y tarda en salir de dichos filtros, (Martin, 2018), el caudal del agua se calcula a la salida de cada filtro, con un tiempo determinado y muestras requeridas. Los filtros tienen una capacidad de atrapar una gran parte de partículas suspendidas (Rossi, 2017).

Capacidad de adsorción: es un mecanismo básico de adsorción entre el reactivo y el catalizador, se comparará la fracción de recubrimiento sobre efecto de la presión del gas reactivo (adsorbato). Finalmente se ampliará lo anterior a una situación más compleja con dos adsorbatos presentes (ATARÉS, 2022).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Por sus características, esta investigación es aplicada, porque «se ocupa de la solución de problemas prácticos, dentro de la aplicación de la ciencia» (Niño, 2011, p. 38); en este caso, pretende depurar las aguas contaminadas del río Alameda mediante las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón activado de cáscaras de coco y pecana.

3.1.2. Diseño y nivel de investigación

El diseño de la presente investigación es experimental, porque se manipula variables en determinadas condiciones (Arias, 2012); en específico, aplica las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón activado de cáscaras de coco y pecana (variable independiente), a fin de observar la depuración de las aguas residuales domésticas del río Alameda (variable dependiente). Diagrama del diseño experimental:

RG₁ O₁ X O₂
RG₂ O₃ ----- O₄

Tabla 1: *Simbología del tratamiento experimental*

| | |
|-----|---|
| R | Forma aleatoria al azar |
| G | Grupos de los casos que participan en el tratamiento |
| X | Es el tratamiento propiamente dicho |
| O | Es la que nos indica el antes y el después del tratamiento |
| --- | Es cuando no hay participación de la variable independiente |

Fuente: Tomado de Hernández et al, 2018, p.23

3.2. Variables y operacionalización

Variables

Los resultados obtenidos en la investigación, que dan respuestas a los objetivos planteados, son los que están en el proceso de los cambios que originan las variables. En la presente investigación, tenemos dos variables:

- a. Variable Independiente. Los residuos de mesocarpio del *Coco (Nucifera)* y pecana (*Carya illinoensis*).
- b. Variable dependiente. Efluente del agua residual doméstica vertida al río Alameda – Ayacucho

En la operacionalización se encuentran las variables, las definiciones conceptuales y operacional, también están las dimensiones, indicadores y medidas de cada indicador, encontrándose en los anexos respectivos

3.3. Población (criterio de selección) muestra, muestreo y unidad de análisis

3.3.1. Población

La población estará conformada por el efluente del agua residual doméstica vertida al río Alameda – Ayacucho.

3.3.2. Muestra

La muestra se tomó de manera puntual, en 5 tiempos bien diferenciados, llegando a recolectar 65 litros y conducido por cadena de custodia para ser analizado y tratado.

3.3.3. Muestreo

El muestreo se realizó en la zona del desarrollo de la investigación, de forma aleatoria al azar, donde se homogenizo la muestra representativa, tomaron 60 litros de muestra para realizar todo el proceso del tratamiento de análisis mediante las columnas de lixiviación.

3.3.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis refiere a los elementos entre los que se compara alguna cualidad; son los sujetos o individuos, de manera general. En dicha investigación fue el volumen tomado en los diferentes tiempos programados para la toma de muestra del efluente, siendo esta 2000 ml.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica de la investigación

El desarrollo de la investigación tuvo como principal argumento la observación ya que esta fue aplicada, y se obtuvieron datos cuantitativos que finalmente fueron evaluados por la estadística inferencial.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de la investigación fueron recolectados mediante fichas de recolección de datos las cuales son:

Tabla 2: *Fichas de recolección de datos en campo.*

| Descripción | |
|----------------|--|
| Ficha 1 | Recolección de la muestra. |
| Ficha 2 | Características físicas del biocarbón de cáscara de coco y pecana utilizado para depurar el agua residual doméstica. |
| Ficha 3 | Propiedades físicas – químicas, biológicas, gravimétricas y microbiológicas en el agua residual doméstica. |
| Ficha 4 | Dosis y granulometría del biocarbón de coco y pecana en las columnas de lixiviación para la reducción gravimétrica y mejora biológica como microbiológica del agua residual doméstica. |

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Validez y confiabilidad

La validez de la investigación viene hacer los resultados obtenidos en los procesos del tratamiento, sin alteración alguna. La confiabilidad se refiere a que los resultados obtenidos en los instrumentos son obtenidos de manera sistemática razón por lo que se realizan las repeticiones.

Tabla 3: *Expertos que validaron los instrumentos*

| N° | Experto | Profesional | Colegiatura (CIP) | % de validación |
|-----------|--|---------------------|--------------------------|------------------------|
| 01 | Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio | Ingeniero Ambiental | 89972 | 90 % |
| 02 | Dr. Vasquez Aranda, Ahuber Omar | Ingeniero Ambiental | 92507 | 90 % |
| 03 | Dr. Valdivia Orihuela, Braulio Armando | Ingeniero Ambiental | 160959 | 90 % |

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimiento

El proceso de la investigación corresponde en 4 etapas:

ETAPA 1: RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

Ubicación de la zona de estudio

La tesis de investigación “Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y pecana, para aguas residuales domésticas vertidas al río Alameda, Ayacucho” fue realizado en el distrito de Carmen Alto, provincia huamanga- Departamento de Ayacucho.

Tabla 4: Georreferenciación del lugar de toma de muestra RA-A: Rio Alameda – Ayacucho

| Muestra | Coordenadas UTM – WGS84 | | Zona | Altitud |
|---------|-------------------------|------------|------|--------------|
| RA - A | E: 0583731 | N: 8543672 | 18L | 2716 m.s.n.m |

Fuente: Elaboración propia.

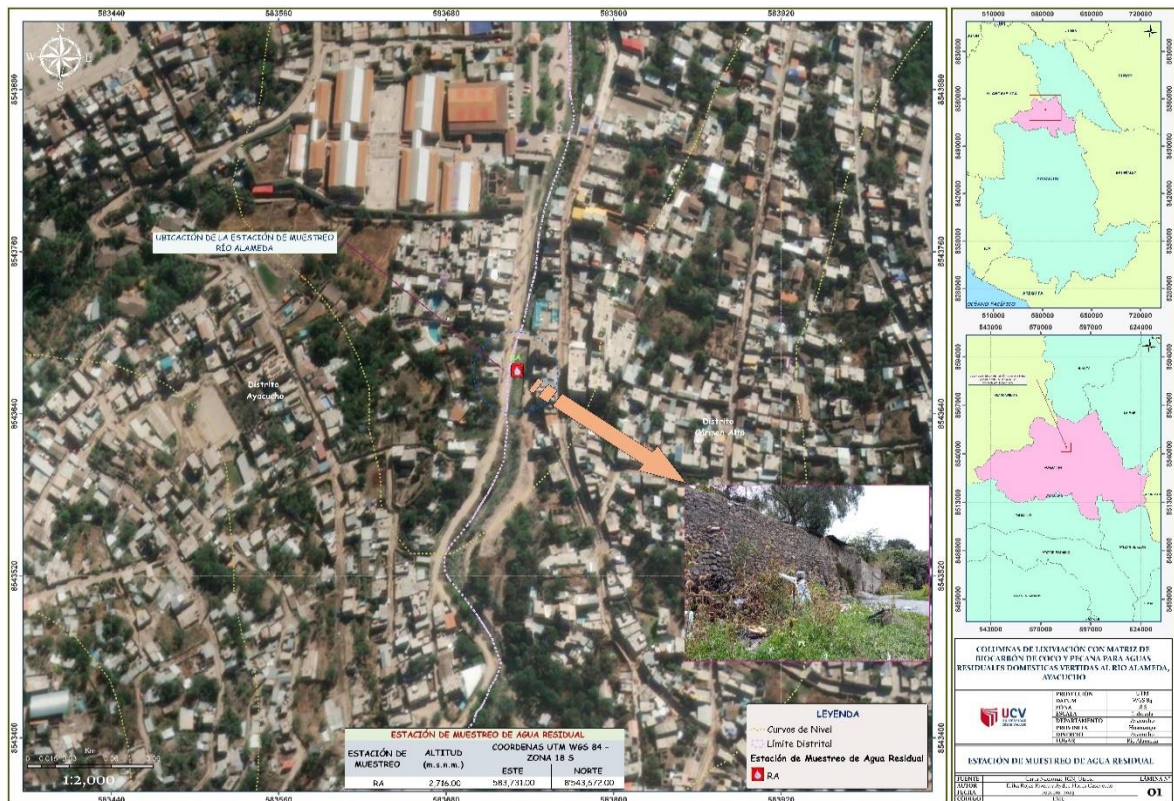


Figura 1: Mapa de Ubicación de la estación de muestreo de aguas residuales, elaboración propia.

1.2. Protocolo de toma de muestra de agua residual doméstica

Se procedió a ejecutar la muestra de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos; Hídricos Superficiales, DIGESA. Se recolectó 5L de la muestra para realizar; la caracterización, 60L para el proceso de tratamiento, la cual se colocan las muestras en envases con boca ancha de plásticos polietileno para hallar parámetros físico-químicos, la recolección de muestra fue puntual en un intervalo de cada 3 horas, ya obtenido las muestras fueron rotulados y llevados al laboratorio para realizar los análisis.



Figura 2. Determinación in situ de los puntos sensibles donde se realizó el trabajo, de elaboración propia.

Tabla 5: Materiales y equipos utilizados para la toma de muestra.

| Materiales | Equipos |
|--------------------------------------|-------------------|
| bidones de 20 litros | 01 PS |
| jarra de 2 litros | 01 peachimetro |
| frascos de polietileno | 01 cronometro |
| cinta métrica de 50 metros | 02 EPP |
| 6 metros de soguilla | 01 Frasco Winkler |
| 01 cooler de 50 litros | |
| Pabito, estiquer, bolsas, indeleble. | |

Fuente: Elaboración propia

1.3. Recolección de la muestra de biomasa de cáscara de coco (*Nucifera*)

La muestra de materia prima de cáscara de coco (*Nucifera*) es utilizada para realizar el tratamiento del agua residual doméstica. Fue recolectado en el mercado central de Huamanga y ferias dominicales donde se expende este producto ya que son residuos que no les dan un valor agregado, se recolectó 20 kilos de endocarpio de coco lo cual fue llevado al lugar para su proceso.



Figura 3. Biomasa de coco.

1. Picado y secado de la cáscara de coco

Se estiró plástico de 2m para el vaciado del mesocarpio de coco, luego se procedió a triturar el coco un promedio de media pulgada, para así facilitar el secado a temperatura ambiente y un secado homogéneo.



Figura 4. Endocarpio de coco en proceso de trituración.

1.4. Recolección de muestras de biomasa de cáscara de pecana (*Carya illinoensis*)

La segunda muestra de materia prima cáscara de pecana, se utilizó como un pulverizante lo cual hace que tenga una mejor absorción de contaminantes de las aguas residuales domésticas. Fueron recolectados en el mercado central y tiendas abastecedoras de frutos secos, se logró recolectar 20 kilos de cáscara de pecana lo cual fueron llevados al lugar para su proceso.

1. Al igual que en la muestra 1 se estiró plástico de 2m para el vaciado de la cáscara de pecana, luego se procedió a limpiar algunas pulpas que contenían.
2. Triturado para su tratamiento térmico.




Figura 5. Biomasa de pecana.

ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN DEL BIOCARBÓN DE CASCARA DE COCO Y PECANA PARA DEPURAR LAS AGUAS RESIDUALES.

Elaboración del biocarbón de cáscara de coco y pecana, se utilizó un proceso térmico llamado método en ausencia de oxígeno.

Tabla 6: *Procedimientos para la elaboración de biocarbón (1)*

| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">Pirolisis</p> <p>Método por degradación térmica en ausencia de oxígeno</p> | <p>Se realizó el secado de la cáscara de coco y pecana en un 10% de su peso se procedió a realizar la pirolisis, se controló la temperatura y la velocidad del calentamiento, lo primero es extraer la humedad remanente de las cáscaras, a una temperatura de 105°C por 1 hora, la segunda fase fue llevarlo de 105°C a 180 °C, en una tercera fase se realiza la descarboxilación térmica entre los 180°C y 250°C, para luego llevarlo de 250°C a 350 °C para obtener la destrucción térmica de metano y alcanos aromáticos finalmente de 350 °C a 500 °C se obtiene la pirolisis completa.</p> <p>Primer paso: Se colocó la materia en el reactor para primeramente retirar toda la humedad a 150°C por 3 horas.</p> <p>Segundo paso: Tanto en la etapa lenta y media pierden las reacciones químicas como es la lignina y celulosa a 200-250°C, lo cual va perdiendo parte de su materia volátil.</p> <p>Tercer paso: obtenido ya en el reactor digital a los 300°C en pirólisis ya pierde la materia volátil y solo queda el biocarbón. La pirólisis se obtiene después de 3 días.</p> |
| <p style="text-align: center;">Análisis granulométrico</p> <p>ASTM D422. Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de</p> | <p>Se tomó un peso conocido secado para conocer el tamaño de las partículas que se generaron al momento de realizar la pirólisis, este procedimiento nos indica de qué tamaño será mejor la capacidad de adsorción del biocarbón activado, y así poder determinar las pruebas necesarias</p> |

| | |
|---|--|
| <p>agregados fino y grueso.</p> | <p>antes de realizar la prueba de la muestra, esta será realizadas con la misma muestra en tiempos diferentes.</p> <p>Ecuación: % Retenido = $\frac{W \text{ malla} * 100}{W \text{ muestra seca } 105^{\circ}\text{C}}$</p> |
| <p>Rendimiento</p> | <p>Después de la pirólisis se obtuvo la cantidad del biocarbón, lo cual se tomó el peso del mesocarpio del coco, el peso de la cápsula vacía y peso final, lo cual con el biocarbón registrado se halló el peso total en gramos producidos.</p> |
| <p>Humedad (%) Norma ASTM D 2216</p> | <p>En una capsula de porcelana se puso a secar a 105°C por 1 hora y enfriado en un desecador hasta temperatura ambiente se pesó 1 gramo de muestra y se colocó en la estufa a 105°C por 2 horas y luego enfriado para pesar y así encontrar la humedad de la muestra.</p> <p>Ecuación: %H = $\left[\frac{(A - B) * 100}{A} \right]$</p>  |
| <p>Volátiles Norma ASTM D 3175</p> | <p>También fue pesado el crisol de porcelana después de secarlo en la estufa a 105°C por 2 horas, enfriado en el desecador se pesó la muestra que teníamos en la humedad 0.5 gramos, se colocó en la mufla a 950 °C por 7 minutos, esta estuvo en un crisol con tapa en ausencia de oxígeno, para luego enfriarlo y pesar en una balanza analítica.</p> <p>Ecuación: $\left[\frac{(B-C) * 100}{B} \right] \% \text{Volátiles} =$</p> |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Procedimientos para la elaboración de biocarbón (2)

| | |
|--|---|
| <p>Ceniza Norma ASTM D5142</p> | <p>De la muestra libre de humedad y volátiles se realizó el análisis de cenizas llevando la muestra hasta 950 °C por 2 horas que se obtuvo un peso de réplica se colocó el crisol en el desecador y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y así obtener los resultados.</p> <p>Ecuación: $\%C = \frac{D}{B}$</p> |
| <p>Carbono fijo Norma ASTM D3172</p> | <p>El carbono fijo de parte del 100% del peso de la muestra inicial lo que va por la diferencia de la humedad + volátiles + ceniza.</p> <p>Ecuación: $C. F. = (100 - (C. H. + C. V. + C. C.))$</p> |
| <p>Capacidad de adsorción Método Isotermas de Langmuir</p> | <p>Para obtener su capacidad de adsorción del biocarbón de los residuos de la biomasa de coco y pecanas, después de haber realizado sus características físicas, están sometidas a una prueba de jarras para determinar la dosis optima del biocarbón, los que se realizaron con pesos de 0.4 g, 0.6 g, 0.8 g, 1 g, 1.3 g, 1.5 g, los que fueron sometidos a 180 rpm por 5 minutos y luego a 100 rpm por 15 minutos, se dejó decantar y se tomaron muestras para ser evaluados por turbidez, la temperatura fue constante para todas las jarras con un volumen de 300 ml.</p> <p>Luego se realizó la prueba del pH con valores de 4,5,6,7,8,9, agregando pesos de biocarbón en sus distintos rpm para dejar decantar y evaluar la máxima remoción de los SST. Luego realizamos la cinética del biocarbón con relación al agua residual doméstica, obtenida esta parte se realizaron los cálculos para determinar la capacidad de adsorción:</p> <p>Ecuación: $q_t = \frac{C_0 - C_t}{x}$</p> |

Fuente: Elaboración propia

ETAPA 3: PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS, BIOLÓGICOS, GRAVIMÉTRICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.

Tabla 8: *Parámetros físicos y químicos (método potenciométrico)*

| | |
|--|---|
| En el procedimiento de caracterización físico – químico del agua residual doméstica, lo primero que se hizo antes de realizar las mediciones fue la calibración a los equipos. | |
| Temperatura °C | Es un parámetro físico que fue evaluado en el desarrollo de la investigación, la toma de muestra fue in situ, luego en todo su tratamiento, ya que esta influye de manera importante en el comportamiento de los demás parámetros a realizar. |
| pH (ácido/base) | El potencial de hidrogeno, primero que se hizo fue calibrar los equipos en sus 3 rangos: pH4= ácido, pH7=neutro y pH10=alcalino, con la finalidad de poder activar el electrodo y sea apto para las mediciones. Cómo evalúa el comportamiento de los contaminantes del agua ya que con ello se pudo observar cómo es que estas influyen en su pérdida de sus parámetros biológicos y microbiológicos. |
| Conductividad eléctrica (CE) | La conductividad eléctrica fue calibrada antes del inicio de las mediciones con buffer de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad nos proporciona la existencia de aniones y cationes del agua residual, la que fue corroborada con la turbidez, parámetros que tienen mucha relación. |
| Potencial redox (Eh) | El potencial redox midió el grado de oxidación – reducción que existe en el agua, es importante porque con esta medición podemos decir que tanto se redujeron E. coli en el agua residual por acción del biocarbón. |
| Turbidez NTU | La turbidez fue evaluada en un equipo de Turbidímetro, donde en las aguas residuales son altas, debido a que existen sólidos en suspensión en mayor concentración haciendo que esta sea apreciado sucia. |

Fuente: elaboración propia

Tabla 9: *Parámetros biológicos del agua (método Winkler)*

| | |
|---|--|
| <p>Oxígeno Disuelto (mgO₂/l) (OD)</p> | <p>El oxígeno disuelto se procedió a tomar la muestra después de homogenizar, esta muestra fue analizada a las 18 horas de tomada en el punto del efluente de agua residual en tiempos de cada 3 horas, con la finalidad que sea lo más representativa se tomó la muestra en un frasco estandarizado(Winkler) se dejó un rato con la boca abajo para que deseche lo exceso teniendo cuidado de no formar burbuja y así no variar la concentración, se agitó la muestra y se agregó los reactivos: como el sulfato de manganeso, seguidamente álcali-Yoduro Azida, para finalmente agregar ácido sulfúrico QP, dejar reposar por 15 minutos y terminar por titulación con tiosulfato de sodio, indicador el almidón QP.</p> <p>Ecuación</p> $O.D = \frac{\text{Vol. gast} \times N \times 8000 \times \text{Vol. w}}{\text{Vol. m} \times (\text{Vol. w} - 2)}$ <p>OD: Oxígeno disuelto (mgO₂/l) Vol. gast: Volumen gastado del tiosulfato de sodio (ml) N: Normalidad</p> |
| <p>Demanda química de oxígeno (mgO₂/l) (DQO)</p> | <p>La demanda química de oxígeno se realizó utilizando el método de reflujo cerrado, consistió en tomar 3 ml de la muestra con la pipeta, realizado la dilución se procedió llevar a un reactor térmico por 120 minutos a 120°C, para finalmente terminar por titulación con sulfato ferroso amoniacal de 0.25N y un indicador como la ferroina que nos da la cantidad de volumen gastado del sulfato ferroso amoniacal (SAL DE Mohr, y así poder obtener sus resultados.</p> <p>Ecuación:</p> $D.Q.O. (mgO_2 /L) =((A-B) \times N \times 8000 \times F) /V$ |

| | |
|--|--|
| <p>Demanda Bioquímica de oxígeno (mgO₂/l) (DBO₅)</p> | <p>La demanda Bioquímica o DBO₅, se realizó creando un oxígeno disuelto con una alícuota de muestra debido a que esta tenía un alto DQO, donde se completa con agua de dilución y se deja por 5 días para evaluar su oxígeno disuelto final y así determinar la cantidad de microorganismos que se generan y consumen el oxígeno del agua, su resultado es como hacer el oxígeno disuelto el método utilizado es el método Winkler.</p> <p>Ecuación</p> $DBO_5 = \frac{OD_i \cdot OD_f}{\% \text{ dilución}}$ |
|--|--|

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: *Parámetros gravimétricos del agua residual doméstica*

| | |
|--|---|
| <p>Sólidos disueltos totales (SDT)</p> | <p>Los sólidos disueltos totales, son los que no se filtran, y se tomaron un volumen conocido, como también el vaso precipitado seco a 105°C por dos horas y enfriado en un desecador para luego pesarlo y verter la muestra y llevarlo a una plancha de digestión hasta llegar a pastoso y volverlo a poner en la estufa a 105°C hasta que alcanza pesos constantes se calcula.</p> <p>Ecuación:</p> $SDT = (W_{VASO + MUESTRA} - W_{VASO SECO}) * 1000$ |
| <p>Sólidos disueltos (SD)</p> | <p>Los sólidos disueltos se realizaron filtrando la muestra con un papel filtro cuantitativo N° 41, el volumen tomado fue de 100 ml, también en un vaso precipitado de 150 ml seco 105 °C, y pesado en balanza analítica, colocado en plancha de digestión hasta pastoso, para luego ponerlo a secar en una estufa a 105°C, hasta peso constante enfriarlo y pesarlo.</p> <p>Ecuación</p> $SD = \frac{(W_{VASO + MUESTRA} - W_{VASO SECO}) * 1000}{V_L}$ |
| <p>Sólidos suspendidos totales (SST)</p> | <p>Los sólidos suspendidos totales se determinaron después de la muestra de solidos disueltos, donde se filtró con una bomba de vacío y utilizando un filtro de 0.5 µm, para luego tarar una luna de reloj, pesar el filtro antes de ponerlo al filtro y secar en estufa a 100°C, hasta peso constante y así obtener resultados, otra forma también es mediante los sólidos totales y sólidos disueltos.</p> <p>Ecuación:</p> $SST = ST - SD$ |

Fuente: Elaboración propia

Análisis microbiológico

Coliformes totales (CFT/100ml)

Para determinar los coliformes totales se utilizó el método combinado de tubos seriados y siembra en placas Petri, donde se tomó un volumen enraizado en una fiola de 100 ml y de ahí tomar la alícuota para realizar las diluciones, luego fueron sembrados y colocados en una incubadora a 35°C por 24 horas obteniéndose sus resultados con la siguiente:

Ecuación:

$$N^{\circ} \text{ de Colonias} = (\text{alto} + \text{medio} + \text{bajo} / 3) * \text{factor microbiológico (65)}$$

$$\text{CFT/100ml} = N^{\circ} \text{ de colonias} * \text{factor de dilución} / \text{volumen de muestra (ml)}$$

Nitratos (NO_3), Sulfatos (SO_4^-) y Fosfatos (PO_4^{-3})

Los nitratos son perjudiciales cuando sobrepasan sus valores permitidos, están son evaluados por espectrofotometría UV/V, tomando una alícuota representativa de la muestra, que mide su transmitancia, absorbancia y finalmente determinar la concentración en mg/l de nitrato, los fosfatos y los sulfatos también son medidos por este mismo método haciendo su curva patrón respectiva para cada caso donde lo representa una constante K.

Ecuaciones

Se aplica la ley de Beer–Lambert

$$AB = -\text{Log}(\%T/100)$$

$$C = ab/k$$

ETAPA 4: DOSIS Y GRANULOMETRÍA DEL BIOCARBÓN DE CASCARA DE COCO Y PECANA EN LAS COLUMNAS DE LIXIVIACIÓN PARA LA REDUCCIÓN BIOLÓGICA, GRAVIMÉTRICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA RESIDUAL DOMESTICA

- Pesos de biocarbón de pecana y coco

Los pesos de biocarbón que se utilizaron en las columnas de lixiviación con matrices de cascara de pecana, cascara de coco y cascara mixta pecana + coco serán de 300 gramos, los que fueron de granulometría de 2mm y 1mm para cada columna de lixiviación.

- Análisis granulométrico

Se realizó un ensayo de análisis granulométrico con el biocarbón de pecana y coco, con la finalidad de observar cual sería el tamaño más óptimo que se utilizaron en las columnas de lixiviación, los que fueron evaluados con las isoterma de Langmuir, y espectrofotometría de UV/V. En el análisis granulométrico se utilizó la siguiente:

Ecuación:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_{\text{malla}} * 100}{W_{\text{muestra seca}}}$$

Donde:

W malla: Peso retenido en la malla

W muestra seca: Peso de la muestra seca en la estufa

- Medidas de columnas de lixiviación

Las medidas de las columnas de lixiviación para el tratamiento de la muestra de agua residual domestico utilizando las matrices de filtración fueron:

Tabla 11: Datos de diseño de la columna de lixiviación

| |
|-------------------------------|
| Diámetro del tubo: 3 pulgadas |
| Largo: 50cm y 30 cm |
| Malla: 1mm y 2mm |

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Diseño del tratamiento de agua residual.

- Tiempos de toma de muestra

Las muestras fueron tomadas en un intervalo de 1 hora, los que fueron en 6 tiempos: 60 minutos, 120 minutos, 180 minutos, 240 minutos, 300 minutos y 360 minutos; iniciando a las 13 pm, 14:00 pm, 15:00 pm, 16:00 pm, 17:00 pm, 18:00 pm y 19 pm, en cada tiempo se tomó muestras en las columnas de biocarbón de pecana, biocarbón de coco y biocarbón de coco + pecana las que fueron evaluados en ese mismo instante.

- Reducción de parámetros, gravimétricos y mejora del OD, DQO, DBO5, como microbiológicos

La reducción de los parámetros fue evaluada de acuerdo a la categorización de las aguas residuales de ministerio de vivienda que son los efluentes de ductos en la alcantarilla vertido a un cuerpo de agua.

- Tiempo de retención

Caudal: se tomó en la salida de cada uno de los filtros del agua tratada, el tiempo de tratamiento en los 3 filtros se dio en un intervalo de 60 minutos, de cada filtro se obtuvo 6 muestras.

3.6. Método de análisis de datos

En el análisis de datos se utilizó la estadística inferencial, donde se utilizó el estadístico de Shapiro Will con respecto al análisis de los resultados, como también el análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de determinar la mejor dosis de biocarbón de coco y pecana, todo esto se realizó con la ayuda de softwares como Microsoft Excel 2019, SPSS versión 25.

3.7. Aspectos éticos

En la presente investigación se encontró dentro de los parámetros de reconocimiento y originalidad, basándose en el principio de honestidad y respeto al contenido de los autores; asimismo, en el cumplimiento de lo escrito del código de ética, establecidos y pautadas por la Universidad Cesar Vallejo. De la misma forma, la investigación se realizará con profesionalismo y sin ninguna alteración.

IV. RESULTADOS

Análisis de las características base de los componentes del biocarbón.

Se analizaron las condiciones base que tienen los componentes base del biocarbón, estos fueron:

Tabla 12: *Rendimiento del mesocarpio de coco*

| Código | Peso de fruta inicial (g) | Peso de mesocarpio (g) | Peso de fruta s/mesocarpio (g) | Rendimiento (%) |
|--------|---------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------|
| C1 | 1000 | 505 | 315 | 50.50 |
| C2 | 975 | 350 | 360 | 35.90 |
| C3 | 845 | 250 | 385 | 29.59 |
| C4 | 1215 | 760 | 260 | 62.55 |

Fuente: Elaboración propia, donde C1, C2, C3, C4: Mesocarpio de coco por unidad

Para obtener el rendimiento del mesocarpio del coco se mostraron 4 frutas las que fueron pesados tal como se encuentran después de su cosecha, luego se separó del mesocarpio y se pesó, para también pesar el fruto interno, para luego determinar su promedio y así poder tomar la decisión de cuantos se debía conseguir en los mercados y ferias, para luego dar utilidad a este residuo.

Lo que permito inferir que en 1215 g de fruta de coco obtendremos 62.55% de rendimiento de la fruta para los fines de la investigación.

Tabla 13: *Humedad del mesocarpio de coco*

| Código | Peso del crisol (g) | Peso del C+MH (g) | Peso de muestra (g) | Peso del C+MCS | Humedad (%) |
|--------|---------------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------|
| HCC-1 | 50.4781 | 56.4486 | 5.9705 | 55.8114 | 10.67 |
| HCC-2 | 53.3308 | 60.1054 | 6.7746 | 59.3951 | 10.48 |
| HCC-3 | 48.3636 | 55.2269 | 6.8633 | 54.4091 | 11.92 |
| HCC-4 | 47.5015 | 53.0480 | 5.5465 | 52.0657 | 17.71 |

Fuente: Elaboración propia, donde HCC-1, HCCC2, HCC-3, HCCC-4: Humedades Mesocarpio de coco por unidad.

Para obtener la humedad del mesocarpio del coco se procedió a triturar y colocarlos en una capsula de porcelana, lo cual se pesó 1 gramo de muestra en una balanza analítica y luego se colocó en la estufa a 105° por 2 horas, luego enfriado para pesar y así encontrar la humedad de la muestra.

Tabla 14: *Rendimiento de la pecana*

| Código | Peso de fruta inicial (g) | Peso de mesocarpio (g) | Peso de frutas/mesocarpio (g) | Rendimiento (%) |
|--------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|
| P1 | 10.59 | 4.77 | 5.61 | 45.04 |
| P2 | 11.03 | 4.81 | 5.97 | 43.61 |
| P3 | 11.60 | 4.94 | 6.63 | 42.59 |
| P4 | 12.47 | 5.18 | 7.01 | 41.54 |

Fuente: Elaboración propia, donde P1, P2, P3, P4: Mesocarpio de pecana por unidad

Para obtener el rendimiento de la pecana se mostraron 4 frutas las que fueron pesados tal como se encuentran después de su cosecha, luego se separó el fruto interno y se pesó, para luego determinar su promedio.

Lo que permito inferir que en 10.59 g de fruta de pecana obtendremos 45.04% de rendimiento de la fruta para los fines de la investigación.

Tabla 15: *Humedad de la cascara de la pecana.*

| Código | Peso del crisol (g) | Peso del C+PH (g) | Peso de muestra (g) | Peso del C+MPS | Humedad (%) |
|--------|---------------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------|
| HCP-1 | 44.5573 | 48.4588 | 3.9015 | 48.3528 | 2.72 |
| HCP-2 | 56.7575 | 61.2608 | 4.5033 | 61.1256 | 3.00 |
| HCP-3 | 46.4843 | 50.4540 | 3.9697 | 50.3305 | 3.11 |
| HCP-4 | 48.6384 | 52.7903 | 4.1519 | 52.7132 | 1.86 |

Fuente: Elaboración propia, donde HCP-1, HCP-2, HCP-3, HCP-4: Humedades de cascara de pecana

Para obtener la humedad de la cáscara de pecana se procedió a triturar y colocarlos en una capsula de porcelana, lo cual se pesó 1 gramo de muestra en una balanza analítica y luego se colocó en la estufa a 105° por 2 horas, luego enfriado para pesar y así encontrar la humedad de la muestra.

Tabla 16: *Parámetros físico-químicos de la cascara de coco y pecana*

| Código | Temperatura (°C) | Potencial de hidrogeno (acido/base) | Conductividad eléctrica (mS/cm) | Potencial Redox (mV) |
|--------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| PFQ-C | 23.4 | 5.61 | 4.18 | 198.4 |
| PFQ-P | 23.5 | 6.50 | 2.73 | 199.7 |

Fuente: Elaboración propia, donde PFQ-C: Parámetros fisicoquímicos del coco y (PFQ-P) Parámetros fisicoquímicos de la pecana.

En la tabla N°16 se puede apreciar que el residuo de cascara de coco es acido con un pH de 5.61, mientras que la cascara de pecana es ligeramente acido con un pH 6.50, lo que se puede decir que en su estructura este compuesto por cationes que de acuerdo a la fuerza de atracción de Van der Waals permitirán atrapar contaminantes aniónicos.

Caracterización del Agua residual

Tabla 17: *Parámetros físico-químicos del agua residual domestica*

| Código | Temperatura (°C) | Potencial de hidrogeno (acido/base) | Conductividad eléctrica (mS/cm) | Potencial Redox (mV) | Turbidez (NTU) |
|----------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------|
| PFQ-ARDI | 23.8 | 7.42 | 4.76 | 275.9 | 286.2 |

Fuente: Elaboración propia, donde PFQ-ARDI: Parámetros fisicoquímicos del agua residual domestica inicial.

En la tabla 17, se puede apreciar que el agua residual doméstica es alcalina con un pH de 7.42, lo que se puede decir que en su estructura este compuesto por cationes que de acuerdo a la fuerza de atracción de Van der Waals estas atrapan contaminantes aniónicos presentando un potencial ORP de +275.9 lo cual soporta las consistencias de fuerzas aniónicas.

Tabla 18: *Oxígeno disuelto (OD) inicial del agua residual doméstica*

| Código | Volumen gastado en muestra (ml) | Normalidad del Tiosulfato de sodio | Volumen de muestra (ml) | Volumen del Winkler (ml) | Oxígeno Disuelto (mgO/l) |
|---------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| OD-ARDI | 0.41 | 0.025 | 100 | 300 | 0.83 |

Fuente: Elaboración propia, donde OD-ARDI: Parámetros fisicoquímicos del agua residual domestica inicial.

Tabla 19: *Demanda bioquímica del oxígeno (DQO)*

| Código | Volumen gastado en muestra (ml) | Normalidad del Sulfato ferroso amoniacal | Volumen de muestra (ml) | Volumen gastado en blanco (ml) | Demanda química de Oxígeno (mgO ₂ /l) |
|----------|---------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|--|
| DQO-ARDI | 1.4 | 0.25 | 3 | 3.8 | 1600 |

Fuente: Elaboración propia, donde: DQO-ARDI: Demanda química del oxígeno del agua residual doméstica.

Tabla 20: *Demanda bioquímica del oxígeno (DBO5)*

| Código | Oxígeno disuelto inicial (mgO ₂ /l) | Oxígeno Disuelto final (mgO ₂ /l) | Dilución (%) | Demanda bioquímica de oxígeno (mgO ₂ /l) |
|--------|--|--|--------------|---|
| DBO-I | 7.6 | 0.18 | 0.01 | 742 |

Fuente: Elaboración propia, donde: DBO-I: Demanda bioquímica del oxígeno del agua residual doméstica

Tabla 21: *Sólidos Disueltos Totales*

| Código | Peso del vaso (g) | Peso del vaso + SDT (g) | Volumen de muestra (ml) | SDT (mg/l) |
|--------|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| SDT-I | 100.9670 | 101.2248 | 100 | 2578 |

Fuente: Elaboración propia, donde: SDT-I: Solidos disueltos totales del agua residual doméstica.

Tabla 22: Sólidos disueltos

| Código | Peso del vaso (g) | Peso del vaso + SD (g) | Volumen de muestra (ml) | SD (mg/l) |
|--------|-------------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| SD-I | 102.7055 | 102.8471 | 100 | 1416 |

Fuente: Elaboración propia, donde: SD-I: Sólidos Disueltos del agua residual doméstica.

Tabla 23: Sólidos Suspendidos Totales

| Código | SDT (mg/l) | SD (mg/l) | Volumen de muestra (ml) | SST (mg/l) |
|--------|------------|-----------|-------------------------|------------|
| SST-I | 2578 | 1416 | 100 | 1162 |

Fuente: Elaboración propia, donde: SST-I: Sólidos suspendidos totales del agua residual doméstica.

Para determinar concentraciones de Sulfatos, Nitratos y Fosfatos de proceder al análisis de espectrofotometría por el cual se usa para parámetros de emitancia y absorbancia para determinar la constante k que me permite calcular la concentración del anión correspondiente en el agua residual.

Tabla 24: Determinación de la constante k para fines de espectrofotometría

| Código (ppm) | Transmitancia (%) | Absorbancia | k |
|--------------|-------------------|-------------|---------|
| 0.5 | 81.9 | 0.08672 | 0.17343 |
| 1 | 67.3 | 0.17198 | 0.17198 |
| 2 | 45.2 | 0.34486 | 0.17243 |
| 3 | 29.9 | 0.52433 | 0.17478 |
| 4 | 20.4 | 0.69037 | 0.17259 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Determinación de los nitratos, sulfatos y fosfatos en el agua residual

| Código | Tramitancia (%) | Absorbancia | k | Concentración (mg/l) |
|----------|-----------------|-------------|----------|----------------------|
| Fosfato | 48.1 | 0.317855 | 0.17304 | 1.837 |
| Sulfato | 35.6 | 0.44855 | 0.004845 | 92.58 |
| Nitratos | 29.23 | 0.398555 | 0.000027 | 47.3 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Coliformes Totales en agua residual domestica (método tubos seriados y siembra en placas Petri)

| Código | Volumen de muestra (ml) | dilución 10 ⁻¹ | dilución 10 ⁻² | dilución 10 ⁻³ | dilución 10 ⁻⁴ | dilución 10 ⁻⁵ |
|------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| CT-INICIAL | 100 | 4116.70 | 19500 | 0 | 0 | 0 |
| ALTO | 100 | 11 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| MEDIO | 100 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| BAJO | 100 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26, observamos que los coliformes totales son más representativos en la dilución 10⁻², de acuerdo con el método de siembra en placas PETRI con agar diferencial ENDO-LES, lo que permite tener concentraciones muy pequeñas de coliformes totales en el agua residual.

Caracterización física del biocarbón de coco

Tabla 27: Humedad del mesocarpio de coco como biocarbón

| Muestra | Peso del crisol (g) | Peso del crisol + CCB (g) | Peso del crisol + CCBS (105°C-2h) (g) | Peso de muestra(g) | Humedad % |
|---------|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------|
| H-CBC | 57.4690 | 58.3701 | 58.3592 | 0.9011 | 1.2 |

Fuente: Elaboración propia, donde: H-CBC: Humedad de la cáscara de coco como biocarbón.

Tabla 28: Materia Volátil (MV%) del biocarbón de cáscara de coco

| Muestra | Peso de crisol (g) | Peso crisol + CBC (g) | Peso de crisol + CBC a 900°C – 7 minutos (g) | MV % |
|---------|--------------------|-----------------------|--|-------|
| MV-CBC | 24.2020 | 25.2241 | 24.8791 | 33.75 |

Fuente: Elaboración propia, donde: MV-CBC: Materia volátil de cáscara de biocarbón de coco.

Tabla 29: *Ceniza (C%) del biocarbón de cascara de coco*

| Muestra | Peso del crisol (g) | Peso del crisol +CBC (g) | Peso del crisol +CBC a 900°C – 2h (g) | Ceniza % |
|---------|---------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------|
| C-CBC | 23.821 | 24.6992 | 23.9493 | 14.61 |

Fuente: Elaboración propia, donde: C-CBC: Ceniza de cáscara de biocarbón de coco

Tabla 30: *Carbono fijo (CF%) del biocarbón de cáscara de coco*

| Muestra | MV % | Ceniza % | CF % |
|---------|-------|----------|-------|
| C-CBC | 33.75 | 14.61 | 51.64 |

Fuente: Elaboración propia

Biocarbón de pecana

Tabla 31: *Humedad del mesocarpio de Pecana como biocarbón*

| Muestra | Peso del crisol (g) | Peso del crisol + CBPH (g) | Peso del crisol + CBPS (105°C-2h) (g) | Peso de muestra(g) | Humedad % |
|---------|---------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------|
| H-CBP | 57.5792 | 58.3378 | 58.3232 | 0.7586 | 1.9 |

Fuente: Elaboración propia, donde: MV-CBP: Materia volátil de cascara de biocarbón de Pecana.

Tabla 32: *Ceniza (C%) del biocarbón de cascara de Pecana*

| Muestra | Peso del crisol (g) | Peso del crisol +CBP (g) | Peso del crisol +CBP a 900°C – 2h (g) | Ceniza % |
|---------|---------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------|
| C-CBP | 23.7415 | 24.6762 | 23.8533 | 11.96 |

Fuente: Elaboración propia, donde: C-CBP: Ceniza de cascara de biocarbón de Pecana.

Tabla 33: *Carbono fijo (CF%) del biocarbón de cascara de Pecana*

| Muestra | MV % | Ceniza % | CF % |
|---------|-------|----------|-------|
| C-CBP | 50.68 | 11.96 | 37.36 |

Fuente: Elaboración propia

Análisis Granulométrico de las partículas del biocarbón

Tabla 34: *Análisis granulométrico de cascara de coco*

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso retenido (g) | % Parcial retenido | Retenido + | Pasa - |
|-------|---------------|-------------------|--------------------|------------|--------|
| 1/2" | 12.50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1/4'' | 6.30 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| N°4 | 4.75 | 15 | 3.00 | 1.6 | 98.4 |
| N°6 | 3.35 | 25 | 5.00 | 8.00 | 92 |
| N°10 | 2.00 | 185 | 37.00 | 45.00 | 55 |
| N°18 | 1.00 | 158 | 31.60 | 76.60 | 23.4 |
| N° 18 | 1.00 | 117 | 23.40 | 100.00 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: *Análisis granulométrico de la cascara de Pecana*

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso retenido (g) | % Parcial retenido | % Acumulado | |
|-------|---------------|-------------------|--------------------|-------------|-------|
| | | | | + Retenido | -Pasa |
| N°1/4 | 6.3 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| N°4 | 4.75 | 10 | 2.0 | 2.0 | 98.0 |
| N°5 | 4.00 | 22 | 4.4 | 6.4 | 93.6 |
| N°6 | 3.35 | 42 | 8.4 | 14.8 | 85.2 |
| N°10 | 2.00 | 135 | 27.0 | 41.8 | 58.2 |
| N°18 | 1.00 | 156 | 31.2 | 73.0 | 27.0 |
| N°18 | -1.00 | 135 | 27.0 | 100.0 | 0.0 |

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el pH óptimo en la muestra que nos indica cómo fue circulando la muestra en su tratamiento se determinó el óptimo de pH 7 lo que nos proporciona una ruta a seguir en el proceso de tratamiento con las columnas de lixiviación, en este pH encuentra equilibrio eficiencia el tratamiento, esto en biocarbón a base cascara de coco, pecada y mezcla.

Tabla 36: *Obtención del pH óptimo*

| Muestra | Temperatura °C | Potencial de hidrogeno | Agitación rpm | Tiempo agitación (minutos) | Turbidez NTU |
|---------|-------------------|------------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------|
| 1 | 23.5 | 4 | 100 | 20 | 138.0 |
| 2 | 23.5 | 5 | 100 | 20 | 130.0 |
| 3 | 23.5 | 6 | 100 | 20 | 130.4 |
| 4 | 23.5 | 7 | 100 | 20 | 79.8 |
| 5 | 23.5 | 8 | 100 | 20 | 86.7 |
| 6 | 23.5 | 9 | 100 | 20 | 104.2 |

Fuente: Elaboración propia

Cinética de Reacción respecto al proceso de Bioadsorción con biocarbón

Para poder realizar el análisis de cinética de reacción se tiene que tener en cuenta en primer lugar el tipo de agua utilizada la cual tiene que tener unas condiciones adecuadas y en el caso de trabajo experimental se usará la turbidez como parámetro de análisis.

Tabla 37: *Agua residual domestica para cinética de adsorción con cascara de coco*

| Muestra | Malla (mm) | Potencial de Hidrogeno (acido/base) | Temperatura °C | Peso del biocarbón (g) | Concentración del adsorbato (mg/kg) | Tiempos (minutos) | Agitación (rpm) |
|---------|---------------|---|-------------------|------------------------------|---|----------------------|--------------------|
| 1 | N°18 | 7 | 20 | 0.101 | 286.2 | 5 | 300 |
| 2 | N°18 | 7 | 20 | 0.302 | 286.2 | 10 | 300 |
| 3 | N°18 | 7 | 20 | 0.501 | 286.2 | 15 | 300 |
| 4 | N°18 | 7 | 20 | 0.800 | 286.2 | 20 | 300 |
| 5 | N°18 | 7 | 20 | 1.004 | 286.2 | 25 | 300 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Agua residual domestica para cinética de adsorción con coco y pecana

| Muestra | Malla (mm) | Potencial de Hidrogeno (acido/base) | Temperatura °C | Peso del biocarbón (g) | Concentración del adsorbato (mg/kg) | Tiempos (minutos) | Agitación (rpm) |
|---------|------------|-------------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | N°18 | 7 | 20 | 0.100 | 286.2 | 30 | 300 |
| 2 | N°18 | 7 | 20 | 0.301 | 286.2 | 35 | 300 |
| 3 | N°18 | 7 | 20 | 0.500 | 286.2 | 40 | 300 |
| 4 | N°18 | 7 | 20 | 1.001 | 286.2 | 45 | 300 |
| 5 | N°18 | 7 | 20 | 2.301 | 286.2 | 50 | 300 |

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la prueba de la cinética de adsorción del biocarbón, se tomaron las partículas de menor superficie como se indica en la tabla 34 y 35 la que tiene una medida de 1 mm, los pesos a evaluarse y tiempos, para poder determinar su capacidad de adsorción que fue evaluado por las Isotermas de Langmuir.

Tabla 39: Cinética de adsorción del biocarbón de coco

| Muestra | Tiempos (minutos) | concentración de adsorbato Ce (NTU) | Concentración Inicial (NTU) | Adsorbente Biocarbón (mg/kg) |
|---------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | t0 (0) | 286.2 | 286.2 | 0 |
| 2 | t1 (10) | 230.4 | 286.2 | 55.8 |
| 3 | t2 (20) | 205.7 | 286.2 | 80.5 |
| 4 | t3 (30) | 185.8 | 286.2 | 100.4 |
| 5 | t4 (40) | 115.3 | 286.2 | 170.9 |
| 6 | t5 (50) | 102.5 | 286.2 | 183.7 |
| 7 | t6 (60) | 74.1 | 286.2 | 212.1 |

Fuente: Elaboración propia

Lo que se aprecia en la tabla 39 viene hacer el comportamiento de adsorción del biocarbón de cáscara de coco donde se puede apreciar que en el tiempo de 60 minutos su adsorción fue de 212.1 mg/kg de los contaminantes del agua residual domestica llegando a un valor de 74.1 NTU en la concentración de equilibrio, logrando una reducción del 74%, lo que demuestra que a menor superficie habrá una mayor adsorción.

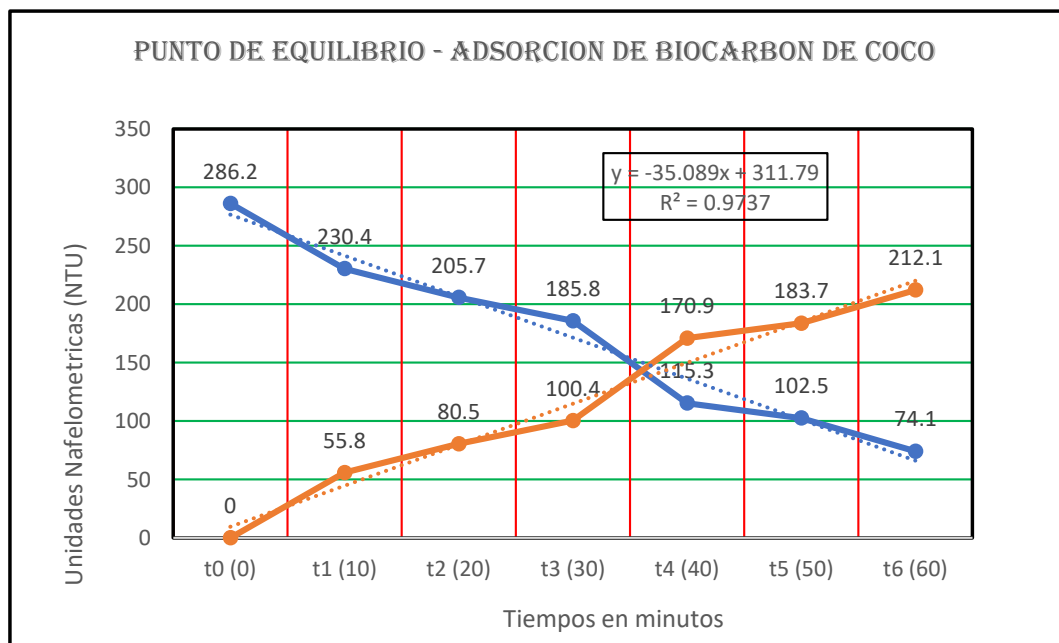


Figura 7. Comportamiento de la adsorción del biocarbón de coco, de elaboración propia.

En la figura 7 podemos apreciar el punto de equilibrio en un tiempo de 35 minutos con la malla N° 18 (1mm) que conforme el tiempo transcurre esta va en pendiente de reducción dato fundamental para realizar las pruebas de columnas de lixiviación.

Tabla 40: Cinética de la adsorción del biocarbón de pecana

| Muestra | Tiempos (minutos) | concentración de adsorbato Ce (NTU) | Concentración Inicial (NTU) | Adsorbente Biocarbón (mg/kg) |
|---------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | t0 (0) | 286.2 | 286.2 | 0 |
| 2 | t1 (10) | 268.4 | 286.2 | 17.8 |
| 3 | t2 (20) | 246.8 | 286.2 | 39.4 |
| 4 | t3 (30) | 212.8 | 286.2 | 73.4 |
| 5 | t4 (40) | 158.4 | 286.2 | 127.8 |
| 6 | t5 (50) | 132.7 | 286.2 | 153.5 |
| 7 | t6 (60) | 88.2 | 286.2 | 198.0 |

Fuente: Elaboración propia

Lo que se aprecia en la tabla 40 viene hacer el comportamiento de adsorción del biocarbón de cáscara de pecana donde se puede apreciar que en el tiempo de 60 minutos su adsorción fue de 198 mg/kg de los contaminantes del agua residual domestica llegando a un valor de 88.2 NTU en la concentración de equilibrio, logrando una reducción del 88%, lo que demuestra que a menor superficie habrá una mayor adsorción.

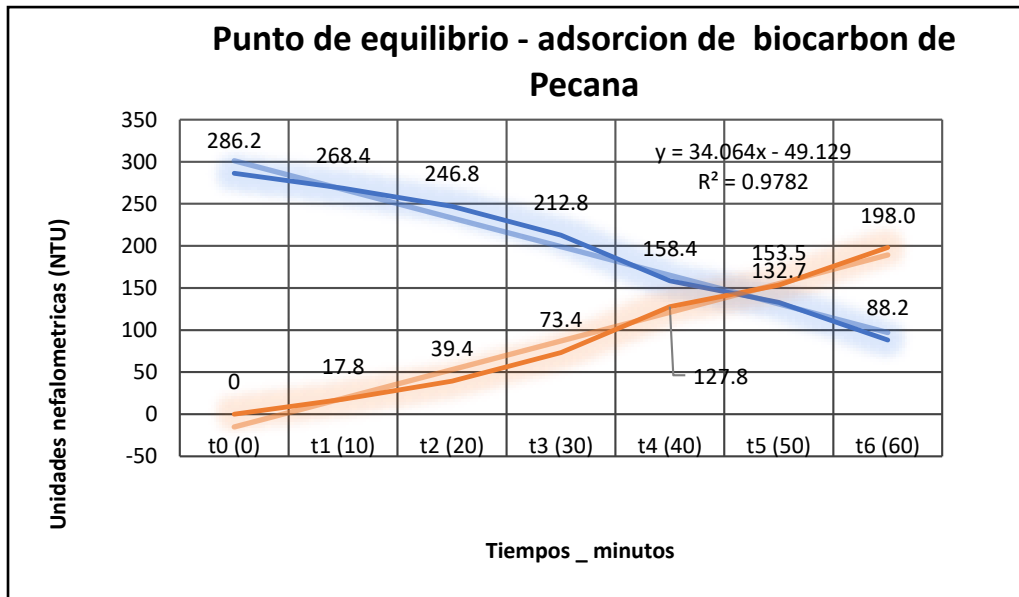


Figura 8. Comportamiento de la adsorción del biocarbón de Pecana, de elaboración propia.

En la figura 8, podemos apreciar el punto de equilibrio en un tiempo de 45 minutos con la malla N° 18 (1mm) que conforme el tiempo transcurre esta va en pendiente de reducción dato fundamental para realizar las pruebas de columnas de lixiviación.

Diseño de isotermas de Langmuir

Para poder establecer la secuencia optima de absorción de biocarbón asi como su dosis optima se tiene que diseñar de acuerdo al proceso realizado el análisis de isotermas de intercambio de monocapa la cual permitirá tener una ecuación de diseño que ajustara los datos para saber el punto óptimo de concentración y eficiencia del tratamiento.

Tabla 41: Isotermas de Langmuir del biocarbón de coco

| Peso coco (g) | Ce Adsorbato ppm (mg/kg) | X=Ci - Ce | q=X/m | eje(x) (C) | eje (y)(c/q) |
|---------------|--------------------------|-----------|-------|------------|--------------|
| 0 | 285.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.0012 | 265.4 | 19.8 | 16.5 | 265.4 | 16.1 |
| 0.013 | 165.3 | 119.9 | 9.2 | 165.3 | 17.9 |
| 0.12 | 86.1 | 199.1 | 1.7 | 86.1 | 51.9 |
| 0.51 | 45.2 | 240.0 | 0.5 | 45.2 | 96.1 |
| 1.00 | 12.1 | 273.1 | 0.3 | 12.1 | 44.3 |

Fuente: Elaboración propia

Datos para la gráfica de la isoterma

Pendiente: -0.2268

Ordenada: 71.298

1/b=-0.2268 b=1/-0.2268 -4.409

1/kb=71.298 1/k= -314.353 k= 1/-314.353 -0.003181

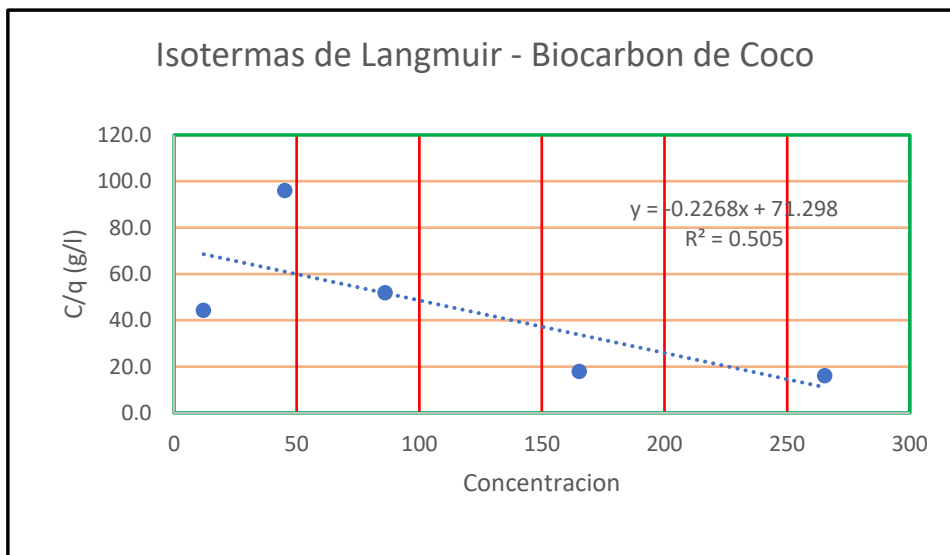


Figura 9. Gráfica de Isoterma de Langmuir para la adsorción con biocarbón con cascara de coco.

Tabla 42: Isotermas de Langmuir del biocarbón de pecana

| peso pecana (g) | ce Adsorbato (ppm) (mg/kg) | X=Ci - Ce | q=X/m | eje (x) (C) | eje (y) (c/q) |
|-----------------|----------------------------|-----------|---------|-------------|---------------|
| 0 | 285.2 | 0 | 0 | | |
| 0.0011 | 245.2 | 40 | 36.3636 | 245.2 | 6.743 |
| 0.012 | 185.4 | 99.8 | 8.31667 | 185.4 | 22.293 |
| 0.10 | 98.6 | 186.6 | 1.86600 | 98.6 | 52.840 |
| 0.49 | 54.3 | 230.9 | 0.47122 | 54.3 | 115.232 |
| 0.92 | 32.1 | 253.1 | 0.27511 | 32.1 | 116.681 |

Fuente: Elaboración propia

Datos para la gráfica de la isoterma

Pendiente: -0.5442

Ordenada: 129.76

Hallar: b

$1/b = -0.5442$ $b = 1/-0.5442$ -1.8376

Hallar: k

$1/kb = 129.76$ -238.447

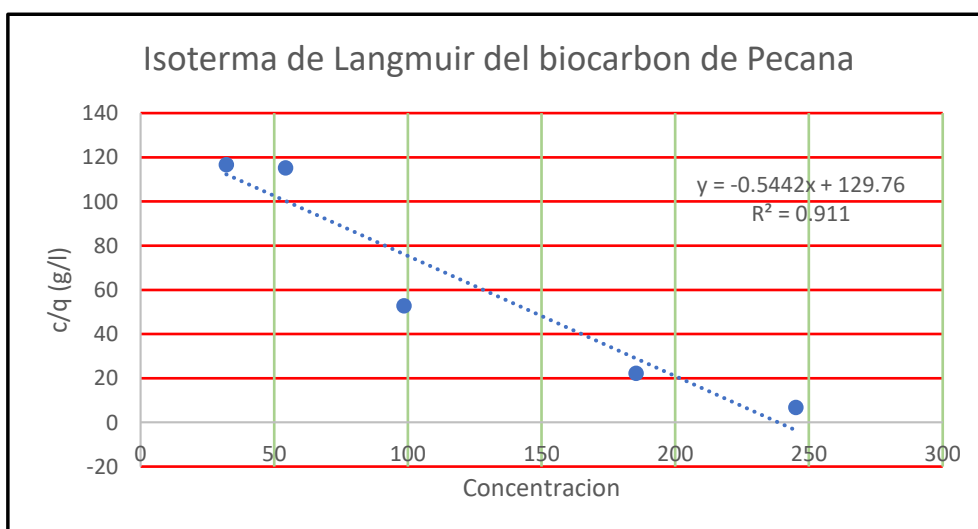


Figura 10. Gráfica de Isoterma de Langmuir para la adsorción con biocarbón con cascara de pecana.

Después de haber calculado y estimado las condiciones de adsorción del biocarbón y así su adsorción óptima se procede a tratar el agua residual en la columna de lixiviación para tratar con biocarbón a base de cascara de coco, pecana y combinado.

Análisis estadístico

Para poder analizar los datos obtenidos del tratamiento de bioadsorción con cascara de coco y pecana primero se tienen que agrupar los datos por componentes principales siguiendo los pasos siguientes.

Se tiene los supuestos:

H0: hipótesis nula

Ha: hipótesis alterna

Para lo cual se realiza la prueba de normalidad Shapiro-Wilk porque los datos son menores a 50 por lo que se tiene:

Para ello se tienen los supuestos:

- $P > 0,05$; acepta la hipótesis nula (H0) y rechaza la hipótesis alterna (Ha)
- $P < 0,05$; acepta la hipótesis alterna (Ha) y rechaza la hipótesis nula (H0)

Tratamiento del agua residual domestica con biocarbón de Coco y Pecana

Tabla 43: *Parámetros físico químico de los tratamientos del agua residual doméstico.*

| Muestras | Temperatura °C | Potencial de hidrogeno (acido/base) | conductividad eléctrica (µS/cm) | Potencial redox (mV) | Turbidez (NTU) |
|----------------------|----------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------|
| TARD - (1h - coco) | 26.5 | 8.69 | 1220 | 137.5 | 45 |
| TARD - (2h - coco) | 26.5 | 8.45 | 813 | 143.2 | 30 |
| TARD - (3h - coco) | 26.5 | 8.40 | 768 | 160.2 | 26 |
| TARD – (4h – coco) | 26.5 | 8.38 | 742 | 168.4 | 15 |
| TARD – (5h – coco) | 26.5 | 8.33 | 740 | 173.8 | 10 |
| TARD – (6h – coco) | 26.5 | 8.00 | 738 | 197.0 | 5 |
| | | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 27.00 | 7.74 | 915 | 144.4 | 48 |
| TARD - (2h - pecana) | 27.00 | 7.62 | 729 | 165.9 | 35 |
| TARD - (3h - pecana) | 27.00 | 7.56 | 715 | 177.1 | 28 |
| TARD – (4h-pecana) | 27.00 | 7.54 | 713 | 179.2 | 18 |
| TARD – (5h-pecana) | 27.00 | 7.52 | 706 | 189.8 | 17 |
| TARD – (6h-pecana) | 27.00 | 7.44 | 705 | 198.9 | 8 |
| | | | | | |
| TARD - (1h – p + c) | 26.8 | 8.07 | 974 | 197.4 | 50 |
| TARD - (2h – p + c) | 26.8 | 8.02 | 780 | 197.1 | 33 |
| TARD - (3h – p + c) | 26.8 | 7.93 | 738 | 187.8 | 27 |
| TARD – (4h – p + c) | 26.8 | 7.91 | 735 | 184.1 | 16 |
| TARD – (5h – p + c) | 26.8 | 7.71 | 734 | 173.4 | 14 |
| TARD – (6h – p + c) | 26.8 | 7.49 | 726 | 189.8 | 6 |

Elaboración propia

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

En la tabla 43, se mostró los resultados de los parámetros físicos y químicos conseguidos de las seis muestras en intervalos de 60 minutos, dio el resultado final con un tiempo de 360 minutos, habiendo resultados favorables de reducción en las aguas tratadas.

Tabla 44: Pruebas de normalidad Parámetros Físico Químicos del Coco

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| pH_TC | 0,253 | 6 | 0,200 | 0,925 | 6 | 0,542 |
| CE_TC | 0,383 | 6 | 0,006 | 0,614 | 6 | 0,001 |
| Eh_TC | 0,157 | 6 | 0,200 | 0,962 | 6 | 0,838 |
| T_TC | 0,178 | 6 | 0,200 | 0,957 | 6 | 0,794 |

De acuerdo al estadístico Shapiro- Wilk los PFQ tienen una distribución no paramétrica debido a que la CE tiene un $p < 0.05$.

Tabla 45: Pruebas de normalidad biocarbón de pecana

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| pH_TP | 0,206 | 6 | 0,200 | 0,958 | 6 | 0,802 |
| CE_TP | 0,420 | 6 | 0,001 | 0,587 | 6 | 0,000 |
| Eh_TP | 0,192 | 6 | 0,200 | 0,963 | 6 | 0,840 |
| T_TP | 0,203 | 6 | 0,200 | 0,966 | 6 | 0,864 |

En la tabla n° 45, se observa la normalidad del tratamiento del agua residual doméstica con biocarbón de pecana donde la CE tiene un $p < 0.05$ siendo que el estadístico sea no normal.

Tabla 46 : Pruebas de normalidad del Tratamiento de coco más pecana

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| pH_TPC | 0,267 | 6 | 0,200 | 0,902 | 6 | 0,386 |
| CE_TPC | 0,340 | 6 | 0,029 | 0,642 | 6 | 0,001 |
| Eh_TPC | 0,171 | 6 | 0,200 | 0,922 | 6 | 0,517 |
| T_TPC | 0,201 | 6 | 0,200 | 0,955 | 6 | 0,780 |

Con shapiro-wilk que tiene un grado de libertad menor que 50, podemos decir que el comportamiento en el tratamiento de coco más pecana se utilizó a Spearman. Debido a que basta que un valor sea diferente para que los resultados cambien.

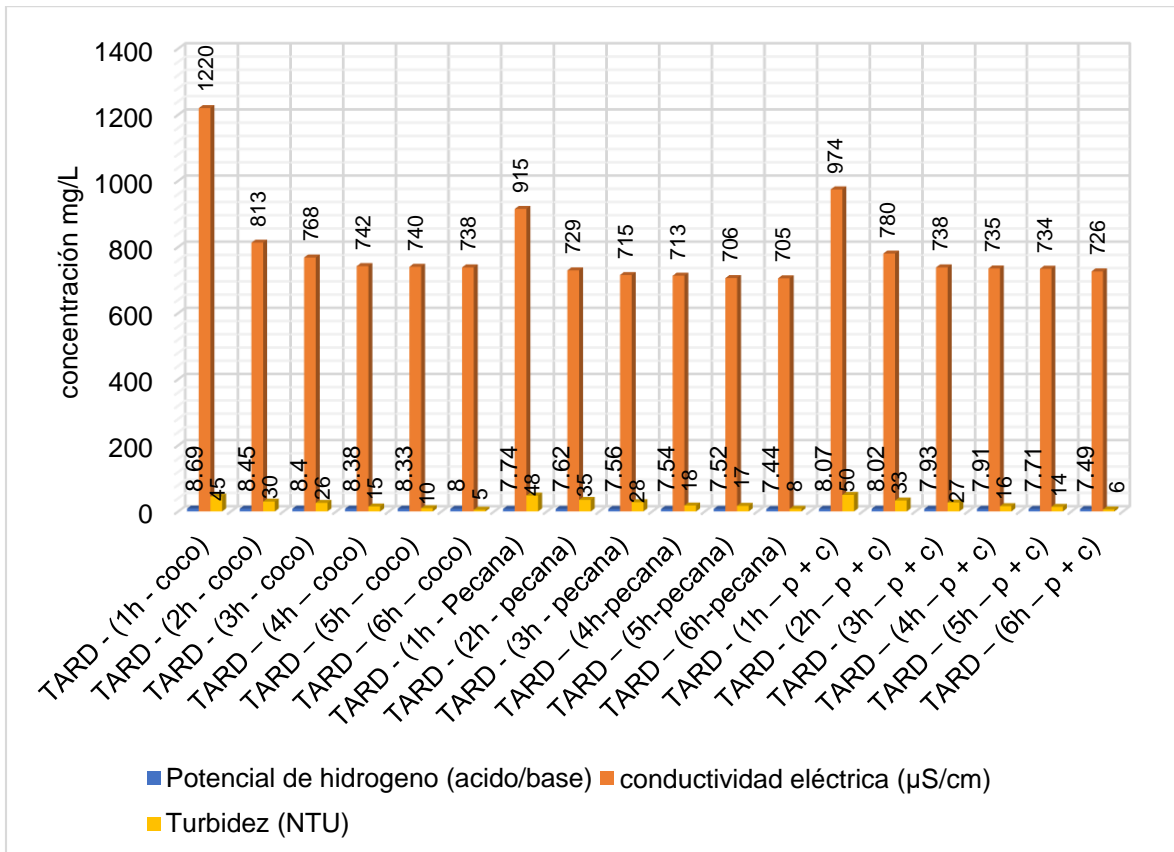


Figura 11. Resultado de pH(acido/base), CE (µS/cm), Eh (mV), T (NTU) con filtros a base de cascara de Coco, Pecana y Pecana más Coco. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla N°43, se observa que la cascara de pecana de manera individual pudo reducir el pH en los tres tratamientos de esta manera 8.4 - coco, 7.57 - pecana y 7.86 – pecana más coco, en la turbidez como dato inicial se tuvo 286.2 NTU, sin embargo, en los resultados después del tratamiento se obtuvo una mayor reducción en TARD – (6h – coco) de 5NTU.

Tabla 47: Oxígeno disuelto del tratamiento del agua residual domestica

| Muestras | Volumen gastado en muestra (ml) | Volumen de muestra (ml) | Normalidad de tiosulfato de sodio | Volumen del Winkler (ml) | Oxígeno Disuelto (mgO ₂ /l) |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--|
| TARD - (1h - coco) | 0.64 | 100 | 0.025 | 300 | 1.29 |
| TARD - (2h - coco) | 0.75 | 100 | 0.025 | 300 | 1.51 |
| TARD - (3h - coco) | 0.80 | 100 | 0.025 | 300 | 1.61 |
| TARD - (4h - coco) | 0.85 | 100 | 0.025 | 300 | 1.71 |
| TARD - (5h - coco) | 1.15 | 100 | 0.025 | 300 | 2.32 |
| TARD - (6h - coco) | 1.20 | 100 | 0.025 | 300 | 2.42 |
| | | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 0.15 | 100 | 0.025 | 300 | 0.30 |
| TARD - (2h - pecana) | 0.45 | 100 | 0.025 | 300 | 0.91 |
| TARD - (3h - pecana) | 0.55 | 100 | 0.025 | 300 | 1.11 |
| TARD - (4h - pecana) | 0.75 | 100 | 0.025 | 300 | 1.51 |
| TARD - (5h - pecana) | 0.80 | 100 | 0.025 | 300 | 1.61 |
| TARD - (6h - pecana) | 0.95 | 100 | 0.025 | 300 | 1.91 |
| | | | | | |
| TARD - (1h - p + c) | 1.05 | 100 | 0.025 | 300 | 2.11 |
| TARD - (2h - p + c) | 1.08 | 100 | 0.025 | 300 | 2.17 |
| TARD - (3h - p + c) | 1.10 | 100 | 0.025 | 300 | 2.21 |
| TARD - (4h - p + c) | 1.12 | 100 | 0.025 | 300 | 2.26 |
| TARD - (5h - p + c) | 1.16 | 100 | 0.025 | 300 | 2.34 |
| TARD - (6h - P+C) | 1.18 | 100 | 0.025 | 300 | 2.38 |

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

Tabla 48: Pruebas de normalidad del Oxígeno Disuelto

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| OD_TC | 0,253 | 6 | 0,200 | 0,889 | 6 | 0,313 |
| OD_TP | 0,189 | 6 | 0,200 | 0,963 | 6 | 0,843 |
| OD_TPC | 0,156 | 6 | 0,200 | 0,970 | 6 | 0,890 |

De acuerdo a la tabla n° 48, observamos que la distribución es normal, teniendo un $p > 0,05$ lo que hace que se acepte la hipótesis nula.

Tabla 49: Demanda química de oxígeno del tratamiento del agua residual doméstica.

| Muestras | Volumen gastado en muestra (ml) | Volumen de muestra (ml) | Normalidad de sulfato Ferroso | Volumen. gastado blanco (ml) | Demanda Química Oxígeno (mgO ₂ /l) |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|
| TARD- (1h - coco) | 1.2 | 3 | 0.25 | 3 | 1200.00 |
| TARD - (2h - coco) | 1.3 | 3 | 0.25 | 3 | 1133.33 |
| TARD - (3h - coco) | 1.4 | 3 | 0.25 | 3 | 1066.67 |
| TARD – (4h – coco) | 1.45 | 3 | 0.25 | 3 | 1033.33 |
| TARD – (5h – coco) | 1.55 | 3 | 0.25 | 3 | 966.67 |
| TARD – (6h – coco) | 1.58 | 3 | 0.25 | 3 | 946.67 |
| | | | | | |
| TARD-(1h - Pecana) | 1.10 | 3 | 0.25 | 3 | 1266.67 |
| TARD-(2h - pecana) | 1.15 | 3 | 0.25 | 3 | 1233.33 |
| TARD-(3h - pecana) | 1.20 | 3 | 0.25 | 3 | 1200.00 |
| TARD-(4h- pecana) | 1.30 | 3 | 0.25 | 3 | 1133.33 |
| TARD-(5h-pecana) | 1.40 | 3 | 0.25 | 3 | 1066.67 |
| TARD-(6h-pecana) | 1.46 | 3 | 0.25 | 3 | 1026.67 |
| | | | | | |
| TARD - (1h – p+c) | 1.55 | 3 | 0.25 | 3 | 966.67 |
| TARD - (2h – p + c) | 1.60 | 3 | 0.25 | 3 | 933.33 |
| TARD - (3h – p + c) | 1.65 | 3 | 0.25 | 3 | 900.00 |
| TARD – (4h – p + c) | 1.70 | 3 | 0.25 | 3 | 866.67 |
| TARD – (5h – p + c) | 1.75 | 3 | 0.25 | 3 | 833.33 |
| TARD - (5h - P+C) | 1.80 | 3 | 0.25 | 3 | 800.00 |

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

Tabla 50: Pruebas de normalidad Demanda Química de Oxígeno.

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| DQO_TC | 0,159 | 6 | 0,200 | 0,957 | 6 | 0,793 |
| DQO_TP | 0,184 | 6 | 0,200 | 0,944 | 6 | 0,694 |
| DQO_TPC | 0,122 | 6 | 0,200 | 0,982 | 6 | 0,961 |

En la tabla n° 52, se utilizó el estadístico Shapiro-wilk; en lo cual se observó que los resultados son paramétricos, teniendo un $p > 0,05$.

Tabla 51: Demanda bioquímica de oxígeno.

| Muestras | Oxígeno disuelto inicial | Oxígeno disuelto final | Porcentaje de dilución | DBO5 mg/l |
|----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| TARD - (1h - coco) | 7.06 | 0.01 | 0.01 | 705 |
| TARD - (2h - coco) | 7.26 | 0.78 | 0.01 | 648 |
| TARD - (3h - coco) | 7.35 | 1.27 | 0.01 | 608 |
| TARD - (4h - coco) | 7.38 | 2.03 | 0.01 | 535 |
| TARD - (5h - coco) | 7.35 | 2.20 | 0.01 | 515 |
| TARD - (6h - coco) | 7.31 | 2.26 | 0.01 | 505 |
| | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 7.32 | 0.07 | 0.01 | 725 |
| TARD - (2h - pecana) | 7.24 | 0.59 | 0.01 | 665 |
| TARD - (3h - pecana) | 7.44 | 1.19 | 0.01 | 625 |
| TARD - (4h - pecana) | 7.76 | 2.12 | 0.01 | 564 |
| TARD - (5h - pecana) | 7.86 | 2.41 | 0.01 | 545 |
| TARD - (6h - pecana) | 7.61 | 2.36 | 0.01 | 525 |
| | | | | |
| TARD - (1h - P + c) | 7.48 | 0.33 | 0.01 | 715 |
| TARD - (2h - p + c) | 7.73 | 1.21 | 0.01 | 652 |
| TARD - (3h - p + c) | 7.89 | 1.61 | 0.01 | 628 |
| TARD - (4h - p + c) | 7.79 | 2.08 | 0.01 | 571 |
| TARD - (5h - p + c) | 7.79 | 2.33 | 0.01 | 546 |
| TARD - (6h - p + c) | 7.54 | 2.45 | 0.01 | 509 |

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

Tabla 52: Pruebas de normalidad del Demanda Bioquímica de Oxígeno.

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| DBO_TC | 0,236 | 6 | 0,200 | 0,909 | 6 | 0,429 |
| DBO_TP | 0,216 | 6 | 0,200 | 0,936 | 6 | 0,630 |
| DBO_TPC | 0,166 | 6 | 0,200 | 0,975 | 6 | 0,926 |

La (DBO) en el tratamiento de coco, pecana y pecana más coco, nos indica que el $p > 0,05$ rechazando a la hipótesis alterna y se utilizó el análisis de varianza.

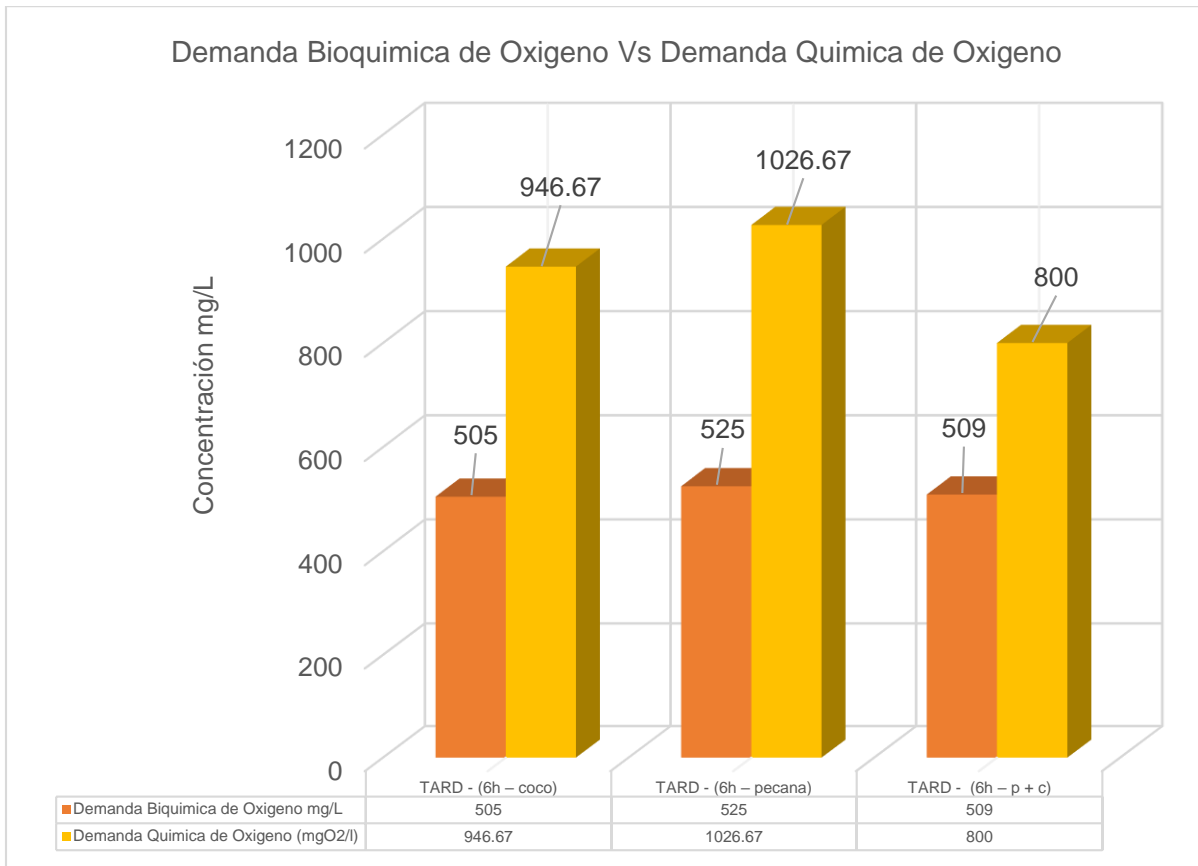


Figura 12. Resultado de DQO y DBO5 del agua tratada con filtros a base de coco, pecana y pecana más coco.

En conclusión las tablas N°47, N°49 y N°51, OD, DQO y DBO5 del agua tratada con las columnas de lixiviación a base coco, pecana y coco más pecana, se observó que en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) con el filtrado en el tiempo TARD – (6h – p + c) obteniendo un favorable resultado con el filtro de las columnas de lixiviación de biocarbón de la cascar de pecana más coco con una reducción del 50%, en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en el tiempo del TARD – (6h – coco) con el tratamiento de coco dio una reducción del 32%.

Tabla 53: *Sólidos disueltos totales.*

| Muestras | Peso del vaso seco (g) | Peso de vaso +ST (g) | Volumen de muestra (ml) | Sólidos Disueltos Totales (mg/l) |
|----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| TARD - (1h - coco) | 98.8457 | 98.9616 | 100 | 1159 |
| TARD - (2h - coco) | 94.5615 | 94.6313 | 100 | 698 |
| TARD - (3h - coco) | 101.4608 | 101.5242 | 100 | 634 |
| TARD - (4h - coco) | 101.8623 | 101.9253 | 100 | 630 |
| TARD - (5h - coco) | 67.7118 | 67.7727 | 100 | 609 |
| TARD - (6h - coco) | 67.8400 | 67.9007 | 100 | 607 |
| | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 63.5868 | 63.6934 | 100 | 1066 |
| TARD - (2h - pecana) | 67.0264 | 67.0943 | 100 | 679 |
| TARD - (3h - pecana) | 68.8113 | 68.8757 | 100 | 644 |
| TARD - (4h - pecana) | 63.9578 | 64.0198 | 100 | 620 |
| TARD - (5h - pecana) | 68.0878 | 68.1492 | 100 | 614 |
| TARD - (6h - pecana) | 67.0652 | 67.1259 | 100 | 607 |
| | | | | |
| TARD - (1h - p + c) | 65.3320 | 65.4256 | 100 | 936 |
| TARD - (2h - p + c) | 63.8739 | 63.9399 | 100 | 660 |
| TARD - (3h - p + c) | 66.8951 | 66.9599 | 100 | 648 |
| TARD - (4h - p + c) | 66.2642 | 66.3279 | 100 | 637 |
| TARD - (5h - p + c) | 67.5740 | 67.6371 | 100 | 631 |
| TARD - (6h - p+c) | 68.8348 | 68.8967 | 100 | 619 |

TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

Tabla 54: *Pruebas de normalidad de los Sólidos Disueltos Totales.*

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| SDT_TC | 0,379 | 6 | 0,007 | 0,619 | 6 | 0,001 |
| SDT_TP | 0,391 | 6 | 0,005 | 0,623 | 6 | 0,001 |
| SDT_TPC | 0,426 | 6 | 0,001 | 0,609 | 6 | 0,001 |

En la tabla n° 53, de los SDT se observó que el estadístico tiene un $p < 0,05$ lo que hace que tenga una distribución no paramétrica.

Tabla 55: Sólidos Disueltos.

| Muestras | Peso del vaso seco (g) | Peso de vaso +ST (g) | Volumen de muestra (ml) | Sólidos disueltos (mg/l) |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| TARD - (1h - coco) | 101.0107 | 101.1252 | 100 | 1145 |
| TARD - (2h - coco) | 107.7251 | 107.7989 | 100 | 738 |
| TARD - (3h - coco) | 100.4652 | 100.5327 | 100 | 675 |
| TARD - (4h - coco) | 105.9178 | 105.9843 | 100 | 665 |
| TARD - (5h - coco) | 97.5399 | 97.6059 | 100 | 660 |
| TARD - (6h - coco) | 107.3489 | 107.4131 | 100 | 642 |
| TARD - (1h - Pecana) | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 96.3276 | 96.4366 | 100 | 1090 |
| TARD - (2h - pecana) | 101.7335 | 101.8048 | 100 | 713 |
| TARD - (3h - pecana) | 100.783 | 100.8465 | 100 | 635 |
| TARD - (4h - pecana) | 99.8709 | 99.9309 | 100 | 600 |
| TARD - (5h - pecana) | 99.6049 | 99.6642 | 100 | 593 |
| TARD - (6h - pecana) | 103.8008 | 103.8524 | 100 | 516 |
| TARD - (1h - p + c) | | | | |
| TARD - (1h - p + c) | 99.2273 | 99.3253 | 100 | 980 |
| TARD - (2h - p + c) | 98.1973 | 98.2615 | 100 | 642 |
| TARD - (3h - p + c) | 107.1565 | 107.2176 | 100 | 611 |
| TARD - (4h - p + c) | 102.7448 | 102.8063 | 100 | 615 |
| TARD - (5h - p + c) | 101.0072 | 101.0679 | 100 | 607 |
| TARD - (6h - p + c) | 100.5147 | 100.5750 | 100 | 603 |

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

Tabla 56: Pruebas de normalidad de Sólidos Disueltos.

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| SD_TC | 0,366 | 6 | 0,012 | 0,635 | 6 | 0,001 |
| SD_TP | 0,291 | 6 | 0,123 | 0,779 | 6 | 0,038 |
| SD_TPC | 0,424 | 6 | 0,001 | 0,572 | 6 | 0,000 |

En lo estadístico inferencial en la tabla n°55 el $p < 0,05$ lo que determina que los sólidos disueltos del tratamiento rechazan a la hipótesis nula.

Tabla 57: *Sólidos suspendidos totales.*

| Muestras | Sólidos Disueltos Totales (mg/l) | Sólidos Disueltos (mg/l) | Volumen de muestra (ml) | Sólidos Suspendidos Totales mg/l |
|----------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| TARD - (1h - coco) | 1159 | 1145 | 100 | 14 |
| TARD - (2h - coco) | 698 | 738 | 100 | NA |
| TARD - (3h - coco) | 634 | 675 | 100 | NA |
| TARD - (4h - coco) | 630 | 665 | 100 | NA |
| TARD - (5h - coco) | 609 | 660 | 100 | NA |
| TARD - (6h - coco) | 607 | 642 | 100 | NA |
| | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 1066 | 1090 | 100 | NA |
| TARD - (2h - pecana) | 679 | 713 | 100 | NA |
| TARD - (3h - pecana) | 644 | 635 | 100 | 9 |
| TARD - (4h - pecana) | 620 | 600 | 100 | 20 |
| TARD - (5h - pecana) | 614 | 593 | 100 | 21 |
| TARD - (6h - pecana) | 607 | 516 | 100 | 91 |
| | | | | |
| TARD - (1h - p + c) | 936 | 980 | 100 | NA |
| TARD - (2h - p + c) | 660 | 642 | 100 | 18 |
| TARD - (3h - p + c) | 648 | 611 | 100 | 37 |
| TARD - (4h - p + c) | 637 | 615 | 100 | 22 |
| TARD - (5h - p + c) | 631 | 607 | 100 | 24 |
| TARD - (6h - P + C) | 619 | 603 | 100 | 16 |

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

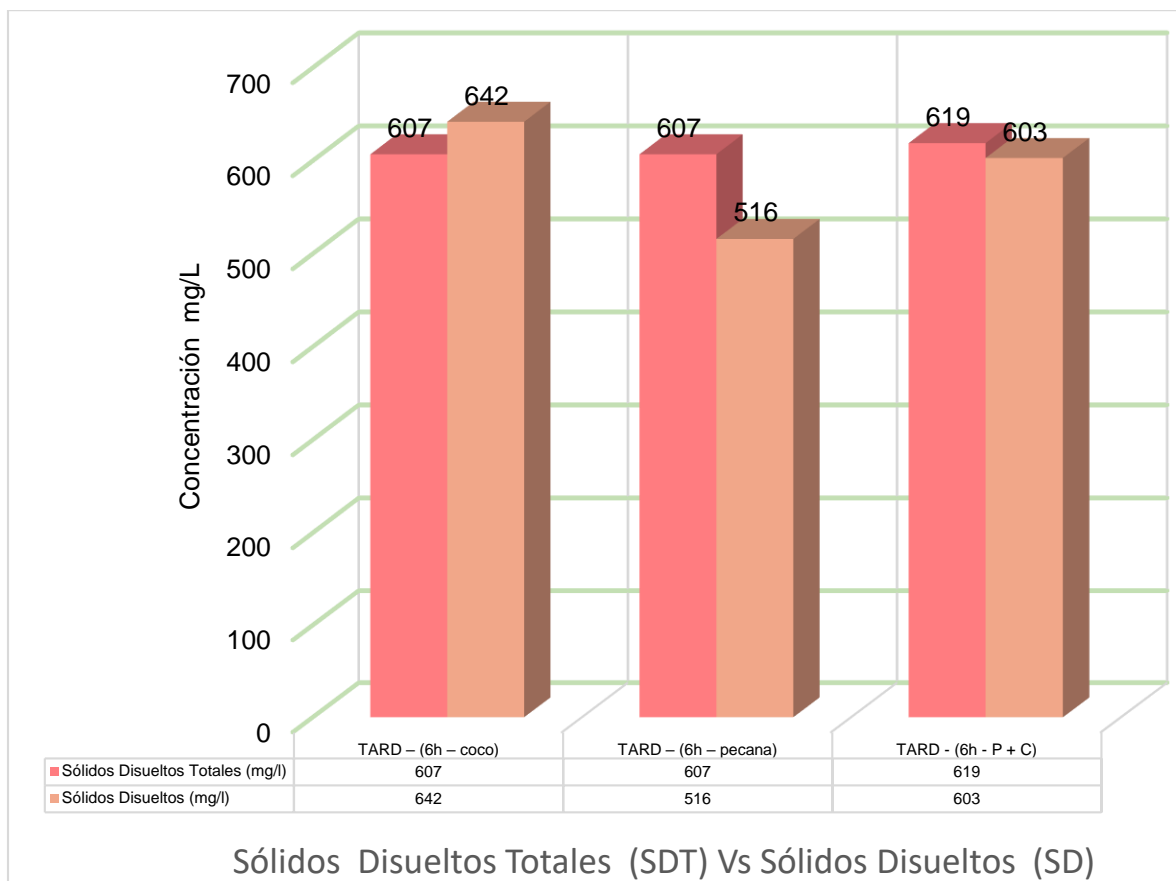


Figura 13. Resultado de los SDT y SD del agua tratada con los filtros de columnas de lixiviación de cáscara de coco, pecana y pecana más coco.

En conclusión, las tablas N°53, 55 y 57, SDT, SD Y SST del agua tratada con las columnas de lixiviación a base de biocarbón de coco, pecana y pecana más coco, se observó que en Sólidos Disueltos Totales (SDT) se consiguió un rendimiento favorable con el filtrado en el tiempo de TARD - (6h - coco) y TARD - (6h - pecana), de 76.45%, en los Sólidos disueltos (SD) con el tiempo del TARD - (6h - pecana) tuvo un 63% de reducción.

Tabla 58: Determinación de sulfatos en el tratamiento del agua residual doméstica.

| Muestras | %T | Absorbancia | K | Concentración Sulfatos |
|-----------------------------|------|-------------|---------|------------------------|
| TARD - (1h - coco) | 46.8 | 0.32975 | 0.00485 | 67.99 |
| TARD - (2h - coco) | 49.1 | 0.30892 | 0.00485 | 63.69 |
| TARD - (3h - coco) | 54.1 | 0.26680 | 0.00485 | 55.01 |
| TARD - (4h - coco) | 55.8 | 0.25337 | 0.00485 | 52.24 |
| TARD - (5h - coco) | 56.2 | 0.25026 | 0.00485 | 51.60 |
| TARD - (6h - coco) | 59.1 | 0.22841 | 0.00485 | 47.10 |
| TARD - (1h - Pecana) | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 44.3 | 0.35360 | 0.00485 | 72.91 |
| TARD - (2h - pecana) | 52.4 | 0.28067 | 0.00485 | 57.87 |
| TARD - (3h - pecana) | 54.6 | 0.26281 | 0.00485 | 54.19 |
| TARD - (4h - pecana) | 55.9 | 0.25259 | 0.00485 | 52.08 |
| TARD - (5h - pecana) | 56.5 | 0.24795 | 0.00485 | 51.12 |
| TARD - (6h - pecana) | 58.4 | 0.23359 | 0.00485 | 48.16 |
| TARD - (1h - p + c) | | | | |
| TARD - (1h - p + c) | 45.2 | 0.344862 | 0.00485 | 71.11 |
| TARD - (2h - p + c) | 48.6 | 0.313364 | 0.00485 | 64.61 |
| TARD - (3h - p + c) | 50.7 | 0.294992 | 0.00485 | 60.82 |
| TARD - (4h - p + c) | 53.5 | 0.271646 | 0.00485 | 56.01 |
| TARD - (5h - p + c) | 54.9 | 0.260428 | 0.00485 | 53.70 |
| TARD - (6h - P + C) | 55.5 | 0.255707 | 0.00485 | 52.72 |

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

Tabla 59: Pruebas de normalidad de Sulfatos.

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| S_TC | 0,230 | 6 | 0,200 | 0,922 | 6 | 0,518 |
| S_TP | 0,252 | 6 | 0,200 | 0,823 | 6 | 0,094 |
| S_TPC | 0,204 | 6 | 0,200 | 0,924 | 6 | 0,533 |

Los Sulfatos del agua residual doméstica al ser tratados con biocarbón de coco, pecana y coco más pecana, se trabajaron con el estadístico de Shapiro-wilk por que el grado de libertad fue menor a 50 y tuvo un $p > 0,05$ lo que hizo que aceptemos la hipótesis nula.

Tabla 60: Determinación de fosfatos en el tratamiento del agua residual domésticas.

| Muestras | %T | Absorbancia | K | Concentración fosfatos |
|----------------------|------|-------------|---------|------------------------|
| TARD - (1h - coco) | 39.6 | 0.40230 | 0.17304 | 2.32 |
| TARD - (2h - coco) | 70.6 | 0.15120 | 0.17304 | 0.87 |
| TARD - (3h - coco) | 78.0 | 0.10791 | 0.17304 | 0.62 |
| TARD - (4h - coco) | 81.3 | 0.08991 | 0.17304 | 0.52 |
| TARD - (5h - coco) | 82.7 | 0.08249 | 0.17304 | 0.48 |
| TARD - (6h - coco) | 83.4 | 0.07883 | 0.17304 | 0.46 |
| | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 47.8 | 0.32057 | 0.17304 | 1.85 |
| TARD - (2h - pecana) | 81.0 | 0.09151 | 0.17304 | 0.53 |
| TARD - (3h - pecana) | 85.3 | 0.06905 | 0.17304 | 0.40 |
| TARD - (4h - pecana) | 87.8 | 0.05651 | 0.17304 | 0.33 |
| TARD - (5h - pecana) | 89.1 | 0.05012 | 0.17304 | 0.29 |
| TARD - (6h - pecana) | 90.5 | 0.04335 | 0.17304 | 0.25 |
| | | | | |
| TARD - (1h - p + c) | 53.5 | 0.271646 | 0.17304 | 1.57 |
| TARD - (2h - p + c) | 72.6 | 0.139063 | 0.17304 | 0.80 |
| TARD - (3h - p + c) | 76.5 | 0.116339 | 0.17304 | 0.67 |
| TARD - (4h - p + c) | 82.3 | 0.084600 | 0.17304 | 0.49 |
| TARD - (5h - p + c) | 83.8 | 0.076756 | 0.17304 | 0.44 |
| TARD - (6H - P -C) | 84.8 | 0.071604 | 0.17304 | 0.41 |

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica en tiempo de horas.

Tabla 61: Pruebas de normalidad de Fosfatos.

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| F_TC | 0,338 | 6 | 0,031 | 0,662 | 6 | 0,002 |
| F_TP | 0,384 | 6 | 0,006 | 0,640 | 6 | 0,001 |
| F_TPC | 0,270 | 6 | 0,197 | 0,777 | 6 | 0,036 |

En el agua residual doméstica vertida al río Alameda tuvo un $p < 0,05$ lo que hace que se acepte la hipótesis alterna.

Tabla 62: Determinación de Nitratos y Coliformes Totales en el tratamiento del agua residual.

| Muestras | Nitratos (mg/l) | Coliformes totales (UFC/ml) |
|----------------------|-----------------|-----------------------------|
| TARD - (1h - coco) | 82.9 | 125144 |
| TARD - (2h - coco) | 54.6 | 92235 |
| TARD - (3h - coco) | 45.4 | 51587 |
| TARD - (4h - coco) | 42.6 | 25246 |
| TARD - (5h - coco) | 34.3 | 10659 |
| TARD - (6h - coco) | 34.8 | 1334 |
| | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 71.9 | 128024 |
| TARD - (2h - pecana) | 63.2 | 96324 |
| TARD - (3h - pecana) | 62.4 | 52234 |
| TARD - (4h - pecana) | 52.6 | 28245 |
| TARD - (5h - pecana) | 44.6 | 12456 |
| TARD - (6h - pecana) | 40.5 | 2546 |
| | | |
| TARD - (1h - p + c) | 67.7 | 123564 |
| TARD - (2h - p + c) | 56.8 | 90245 |
| TARD - (3h - p + c) | 49.5 | 48657 |
| TARD - (4h - p + c) | 48.8 | 19567 |
| TARD - (5h - p + c) | 43.9 | 6589 |
| TARD - (6h - P + C) | 43.2 | 859 |

- TARD: tratamiento de agua residual doméstica

Tabla 63: Pruebas de normalidad de Nitratos.

| Kolmogorov-smirnov | | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------|-------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| N_TC | 0,247 | 6 | 0,200 | 0,831 | 6 | 0,110 |
| N_TP | 0,206 | 6 | 0,200 | 0,949 | 6 | 0,735 |
| N_TPC | 0,259 | 6 | 0,200 | 0,882 | 6 | 0,278 |

Se observa en la tabla nº62, que los nitratos en los seis tiempos de cada biocarbón utilizado, tienen un $p > 0,05$ haciendo que sea paramétrico.

Tabla 64: Pruebas de normalidad de Coliformes Totales.

| Kolmogorov-smirnov | | | Shapiro-Wilk | | | |
|--------------------|-------|------|--------------|-------|------|-------|
| Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. | |
| CT_TC | 0,201 | 6 | 0,200 | 0,920 | 6 | 0,502 |
| CT_TP | 0,193 | 6 | 0,200 | 0,919 | 6 | 0,496 |
| CT_TPC | 0,219 | 6 | 0,200 | 0,900 | 6 | 0,373 |

En los Coliformes Totales evaluados en el agua residual doméstica se obtuvo estadísticamente un $p > 0,05$; haciendo que se rechace a la hipótesis alterna.

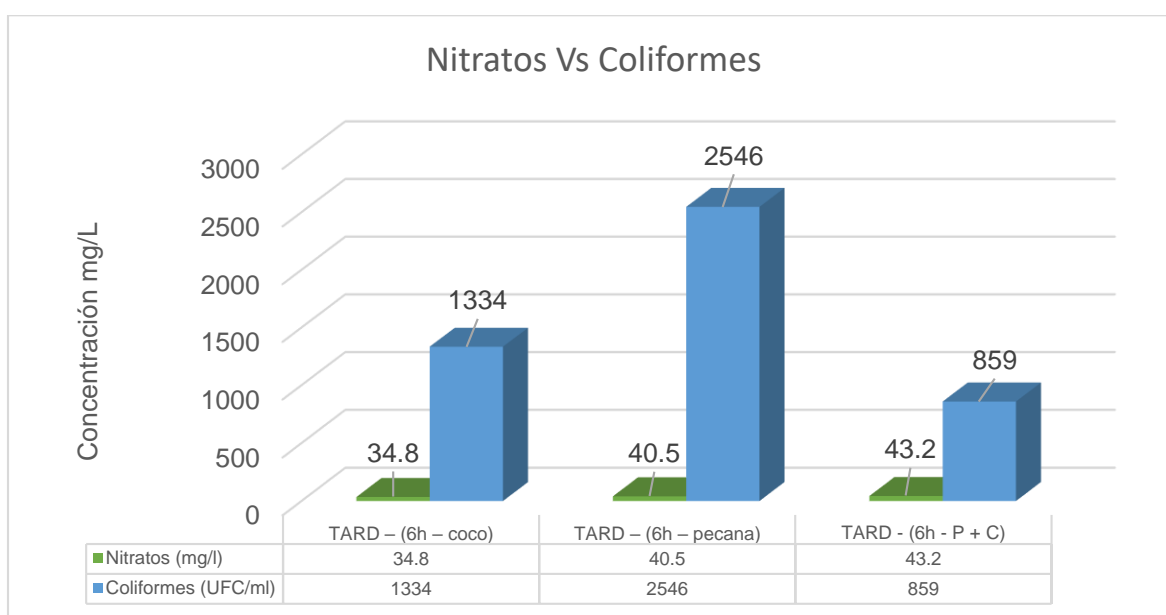


Figura 14. Nitratos (N) y Coliformes Totales (CT).

En la figura 14, se observó en los nitratos (N) que, en el último tratamiento de coco, dio una reducción de 59% y en los Coliformes Totales (CT) con una reducción de 99.44% en el tratamiento seis que fue coco más pecana.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación experimental de reducción y eficiencia realizada con el biocarbón de la cascara de coco, pecana y la combinación de ambos, con un intervalo de 60 minutos, obtuvieron resultados óptimos en su tratamiento en seis tiempos diferentes, reduciendo la concentración de SDT (mgL^{-1}) con un 76.45% en los dos primeros tratamientos en el de coco, pecana y 75.99% en la combinación de coco más pecana; como también se tuvo una remoción de SD (mgL^{-1}) en 54.7% con el coco, 63.5% con la pecana y 57.42% con la unión de coco más pecana; del mismo modo se obtuvo una reducción en SST (mgL^{-1}) de 92% con la pecana y 98% con coco más pecana e incrementando el OD (mgL^{-1}) en 65.7 % en eficiencia en el coco, 56.5% con la pecana y 65% con el coco más pecana; asimismo también el DQO tuvo reducción de 40.8 % con el coco, 35.8 % con la pecana y 50 % con coco más pecana. Otros de los parámetros fundamentales fue la reducción de coliformes totales de 99.2% con el coco, 98.4% con la pecana y un 99.44 % con la pecana más el coco; por lo tanto, también se observó la reducción de los nitratos de 59.2% con el coco, 52.5% con la pecana y 49.4% con la pecana más coco.

A partir de los hallazgos encontrados aceptamos la hipótesis específica 1 que manifiesta que las características físicas del biocarbón de cáscara de coco y pecana tendrán una buena bioadsorción en la depuración de aguas residuales.

Una de las características que influye en la bioadsorción de parámetros específicos de las aguas residuales domésticas son el rendimiento por composición de los biocarbones activados así es como Vayas (2017, p.5) afirma que las costras de coco de 15 g expresan un rendimiento de 42%, lo que acuerda con las pesquisas obtenidas en la presente investigación, del mismo modo Rondón et al. (2022, p. 126), en su investigación empleo la cáscara de coco como una alternativa filtrante para disminuir el concentrado de sólidos, desde 170 mg L^{-1} hasta 53 mg/l , con una eficacia de 68.82 %; asimismo, en nuestro trabajo realizado se observó una remoción desde 1416 mg L^{-1} a 642 mg L^{-1} con un 76.5%. La alternativa que eligieron ambos investigadores fue viable y a bajo costo.

A partir de los aciertos encontrados aceptamos la hipótesis específica 2 que manifiesta que las propiedades físico-químicos, biológicas y microbiológicas en el

agua residual doméstica tendrán una mejor calidad después del tratamiento con biocarbón de coco y pecana.

Estos resultados concuerdan con lo planteado por Méndez (2016, p. 18) ya que manifiesta los rasgos físico-químicos y microbiológicos del mencionado río revelan un impacto negativo por derrame de aguas residuales domiciliarias, lo que coincide con la investigación tratada, debido a que se ratifica que a modo de análisis general se puede evidenciar lo planteado coincidiendo nuestra investigación, permitiendo poder mejorar la calidad del agua con el tratamiento pudiendo reducir los parámetros físico-químicos, biológicas y microbiológicas, en porcentajes de eficiencia de remoción de tal forma que mejoran sustantivamente la calidad del agua y reducir los impactos negativos por ejemplo en DBO de una concentración de 742 mg/l a 505 mg/l que expresa un 32% de remoción del tratamiento con columnas de lixiviación con matrices de biocarbón con cáscara de coco y pecana que expresan una mejora del impacto negativo específicamente en el parámetro DBO coincidiendo con lo que manifiesta Méndez (2016, p. 18).

Lestari *et al.* (2020, p. 8), su tratamiento que realizo utilizo seis horas donde el obtiene una reducción con la cáscara de palma de 5.11 mg L⁻¹ a 1.13 mg L⁻¹ de DBO₅, mientras que en el trabajo realizado se obtuvo una reducción a 742 mgL⁻¹ a 505 mgL⁻¹, teniendo una reducción de NT de 21.331 mgL⁻¹ a 2.986mgL⁻¹ y un FT de 0.32 mgL⁻¹ a 0.14 mgL⁻¹ y en SST de 53 mgL⁻¹ a 7 mgL⁻¹, habiendo variaciones bastantes acentuadas con respecto a los experimentos realizado en la presente investigación.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno en nuestra tesis de investigación se consiguió reducir en un 31% tanto en el tratamiento con la cáscara de coco, como en la combinación de coco más pecana y 29% con la cáscara de pecana con una granulometría de 1mm y 2mm; asimismo se tuvo un pH neutro de 7,42 y después del tratamiento se obtuvo un pH neutro de 7.57 con la pecana y un pH alcalino de 8 con la cáscara de coco, lo cual estos resultados no guarda relación con lo mencionado según Espinal (2017, p.19), en su tesis "Tratamiento de las aguas residuales domiciliarias, utilizando el carbón activado a base de cáscara de coco" logrando remover con un 56% de DBO₅, debido a la diferencia del tamaño de

partículas lo cual dieron uso de un tamizado en polvo, del mismo modo corrobora que no guarda relación Gamarra (2021), en su investigación Eficiencia del sistema de vermifiltro en la depuración de contaminantes de las aguas residuales domésticas, obteniendo como resultado final una remoción de 96% de DBO5, como también tuvo un pH inicial ácido de 6,58 y después del tratamiento se obtuvo un pH neutro de 7,51.

Calle y Condor (2022), en su investigación Determinar el control de coliformes totales y biológicos con el método de la pirolisis, utilizando biomasa de los residuos orgánicos como: cascara de piña, granada y maracuyá, el resultado que obtuvo esta investigación es la reducción del DQO al 75%, DBO al 59% y los coliformes totales al 95%. En nuestro resultado obtenido en esta investigación se obtuvo una remoción del DQO al 50%, DBO al 32% y los coliformes totales al 99.4%, lo cual indica la efectividad de este método, con ello se evita tener impactos ambientales que perjudiquen la salud humana y del ambiente.

Respecto a la hipótesis específica 3 que manifiesta que la dosis y granulometría del biocarbón en las columnas de lixiviación reducirán en un 56% los contaminantes del agua residual doméstica que contaminan el río Alameda.

Lo cual no guarda relación con lo mencionado Espinal (2017, p.19), en su trabajo experimental consiguió una reducción de 98.48% utilizando una granulometría de polvo de biocarbón a diferencia que en el trabajo experimental realizado se obtuvo una reducción de 99.4% de coliformes totales con una granulometría de un milímetro.

VI. CONCLUSIONES

- Las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco (*Nucifera*) y pecana (*Carya illinoensis*) lograron depurar el agua residual doméstica, en seis tiempos diferentes, encontrándose en los sólidos suspendidos totales por debajo de los límites máximos permisibles (LMPs) de un PTAR.
- El biocarbón de cascara de coco y de pecana tienen una buena capacidad de adsorción de acuerdo a las Isotermas de Langmuir y al análisis granulométrico realizado con la norma ASTM D- 422, los que demostraron que en un tamaño de partícula de 1mm serían los tamaños en mejor absorber los contaminantes.
- Los parámetros físicos químicos biológicos, gravimétricos y microbiológicos tanto con biocarbón de pecana, coco y la combinación de coco y pecana mejoraron notablemente estos parámetros como: pH, conductividad eléctrica, nitratos, fosfatos, sulfatos, SDT, SD, SST, OD, DQO, DBO5 y coliformes totales.
- Las cantidades de biocarbón que se utilizó en el tratamiento de agua residual domestica son de 300 gramos de coco, 300 gramos de pecana y 300 gramos de coco más pecana, todas estas conformaban las matrices de adsorción los que llegaron a reducir notablemente a los coliformes totales.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar partículas de menor tamaño a 1mm para trabajos de investigación posteriores.
- Se recomienda en los análisis de aguas residuales domesticas realizar metales pesados con la finalidad que tengamos una mejor agua tratada.
- Recomendamos realizar investigaciones con otras cascaras de residuos vegetales con la finalidad de darles un valor agregado.
- Recomendamos realizar otros tipos de prueba como el análisis de Barrido Microscópico.

REFERENCIAS

- ALCÁNTARA, Z.D. y CASAMAYOR, Y.M., 2020. Efecto del agente activador y granulometría del carbón activado de *Musa paradisiaca* en absorción de arsénico del río Chichircucho, 2019 [en línea]. Tesis para obtener Título Profesional de Ingeniera Ambiental. S.l.: Universidad César Vallejo. [Consulta: 3 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/oQj7W5>.
- ALEJANDRO.S.A., y JUAN. D.Z.M. *Implementación de biofiltro para remoción sólidos en aguas residuales de procesamiento de almidón yuca, alrededor de comunidad san pablo tarugochone, Manabí*. Tesis (título de Ingeniero en Medio Ambiente). Calceta: Escuela Superior Solitécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 2021. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1451/1/TTMA36D.pdf>.
- ACQUA Tecnología. Redox | PH. *Scribd* [en línea], [2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/490261904/Potencial-Redox-Acqua-Tecnologia-pdf>.
- ALBERTO. B Y HANNA, 2018 *¿Qué nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable? Higiene Ambiental*. Disponible en: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>.
- ARIAS, F.G., 2012. *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ª ed. S.l.: Episteme. ISBN 9800785299.
- BARDON, Á., 2021. *¿Son las aguas residuales el nuevo 'oro negro'? Unesco* [en línea]. [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/sNvP9s>.
- BORIE, C., 2021. Columnas de Lixiviación, una excelente herramienta para evaluar la movilidad de los contaminantes provenientes de botaderos y suelos afectados por la actividad minera. AGQ Labs [en línea]. [Consulta: 4 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/yf4rax>.

- BRICEÑO, N., 2016. *Fundamentos para el manejo de aguas residuales* [en línea]. S.I.: Instituto Costarricense de Acueductos y Acantarillados. [Consulta: 4 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/HLp7et>.
- CÁCERES, D.K., CALISAYA, G.M. y BEDOYA, E.V., 2018. Eficiencia de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-UJCM* [en línea], vol. 4, pp. 13-23. [Consulta: 1 enero 2023]. ISSN 2413 - 7057. DOI 10.37260/RCTD.V4I0.115. Disponible en: <https://acortar.link/rPJOtt>.
- CACERES POM, Deybi Karin; CALISAYA VERA, Gisela Milagros y BEDOYA-JUSTO, Edgar. Eficiencia de *Eisenia foetida*, *Eichornia crassipes* e hipoclorito de calcio en la depuración de aguas residuales domésticas en Moquegua, Perú. *Ecol. apl.* [en línea]. 2021, vol.20, n.1 [Consulta: 03 marzo 2023], pp.83-92. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172622162021000100083&lng=es&nrm=iso.ISSN17262216. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i1.1692>.
- CASTAÑEDA, A.A. y FLORES, H.E., 2013. Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad* [en línea], no. 5, pp. 1-12. [Consulta: 4 enero 2023]. ISSN 2007-3607. Disponible en: <https://acortar.link/ILWbG0>.
- CÓRDOVA, A., 2023. Las aguas residuales sin tratamiento y su impacto en la agroexportación. *Agraria.pe* [en línea]. [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/5sWrLB>.
- CHEN, W.-H., TSAI, C.-Y., CHEN, S.-Y., SUNG, S. y LIN, J.-G., 2019. Treatment of campus domestic wastewater using ambient-temperature anaerobic fluidized membrane bioreactors with zeolites as carriers. *International Biodeterioration & Biodegradation* [en línea], vol. 136, pp. 49-54. [Consulta: 20 marzo 2023]. ISSN 0964-8305. DOI 10.1016/j.ibiod.2018.10.010. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830518311764>

- ESCALANTE, A., PÉREZ, G., HIDALGO, C., LÓPEZ, J., CAMPO, J., VALTIERRA, E. y ETCHEVERS, J., 2016. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo Biocarbón (biochar) I: Nature, history, manufacture and use in soil. *Terra Latinoamericana* [en línea], no. 34, pp. 367-382. [Consulta: 4 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/Ywl3pr>.
- ESPINAL, G.B., 2017. *Eficiencia del carbón activado a base de cáscara de coco en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el AA. HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, año 2017* [en línea]. Tesis para obtener Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Lima: Universidad César Vallejo. [Consulta: 3 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/YioMcy>.
- FONT, P., 2000. *Diccionario de botánica*. 1.^a ed. Barcelona: Península. ISBN 8483073005.
- FRAUME, N.J., 2007. *Diccionario ambiental*. 1.^a ed. S.I.: Eco Ediciones. ISBN 9788490225370.
- HENAO-TORO, H., MELO-MORENO, A.M., CHICA, E.L., PÉREZ, J.F. y RUBIO-CLEMENTE, A., 2020. Aplicación del biocarbón como tecnología alternativa a los sistemas convencionales de tratamiento de aguas contaminadas. *Investigación formativa en ingeniería*. 4.^a ed. Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación, pp. 31-43.
- LARIOS-MEOÑO, J.F., GONZÁLEZ, C. y MORALES, Y., 2015. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 1-25. [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/9HXPbK>.
- LESTARI, S., ARFIATI, D., MASREVANIAH, A. y SHOLICHIN, M., 2020. Treatment of Water River with Activated Carbon from Coal and Palm Shells as Adsorbent. *J-PAL* [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 8-13. [Consulta: 3 enero 2023]. ISSN 2338-1671. DOI 10.21776/UB.JPAL. Disponible en: <https://acortar.link/JFbe3J>.
- LUNA, D., GONZÁLEZ, A., GORDON, M. y MARTÍN, N., 2007. Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *Contactos* [en línea], no. 64, pp. 39-48. [Consulta: 4 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/KNsenk>.

- MÉNDEZ, R.Y., 2016. *Determinación del nivel de contaminación por aguas residuales domiciliarias del río Alameda - distrito de Ayacucho - provincia de Huamanga - departamento de Ayacucho - 2016* [en línea]. Tesis para obtener Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Ayacucho: Universidad Alas Peruanas. [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/GbvMtQ>.
- METCALF & EDDY, 1995. *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. 1.^a ed. Madrid: McGraw-Hill.
- MIYAZATO, T., NURYONO, N., KOBUNE, M., RUSDIARSO, B., OTOMO, R. y KAMIYA, Y., Phosphate recovery from an aqueous solution through adsorption-desorption cycle over thermally treated activated carbon. *Journal of Water Process Engineering* [en línea], 2020.vol. 36, pp. 101302. [Fecha de consulta 18 de marzo 2023]. ISSN 2214-7144. DOI 10.1016/j.jwpe.2020.101302. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101302>.
- MOELLER, G., SANDOVAL, L., RAMÍREZ, A., RAMÍREZ, E., CARDOSO, L., ESCALANTE, V., TOMASINI, A., MIRANDA, E., MIJAYLOVA, P. y ORTIZ, G., 2015. *Tratamiento de aguas residuales residuales* [en línea]. México, DF: ANEAS - IMTA. ISBN 9786079368333. Disponible en: www.aneas.com.mx.
- MOWBRAY, S., 2022. Nuevo informe revela la cadena de daños que provocan las aguas residuales al planeta. *Mongabay* [en línea]. [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/P9Z2Nx>.
- NIÑO, V.M., 2011. *Metodología de la investigación*. S.l.: Ediciones de la U. ISBN 9789588675947.
- OEFA, 2014. Fiscalización ambiental en aguas residuales. [en línea]. S.l.: [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/kWDLZQ>.
- OSORIO-RIVERA, M.A., CARRILLO-BARAHOA, W.E., NEGERETE-COSTALES, J.H., LOOR-LALVAY, X.A. y RIERA-GUACHICHULLCA, E.J., 2021. La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento* [en línea], vol. 6, no. 3, pp.

228-245. DOI 10.23857/pc. v6i3.2360. Disponible en:
<http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>.

PARCHAMI, M., WAINAINA, S., MAHBOUBI, A., l'ONS, D. y TAHERZADEH, M.J., 2020. MBR-Assisted VFAs Production from Excess Sewage Sludge and Food Waste Slurry for Sustainable Wastewater Treatment. *Applied Sciences* [en línea], vol. 10, no. 8, pp. 1-20. [Consulta: 1 enero 2023]. DOI 10.3390/app10082921. Disponible en: www.mdpi.com/journal/applsci.

PONCE, D.G., 2019. *Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha - Pasco 2018* [en línea]. Tesis para obtener Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. [Consulta: 3 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/7JCugO>.

QUISPE, J.C., MARCA, H.R., MAMANI, V.Y.F. y ARCE, R.R., 2020. Efectos de la contaminación hídrica sobre la salud pública de la población de la cuenca Coata, de la región de Puno – 2019. *Journal of the Academy* [en línea], no. 3, pp. 1-16. [Consulta: 2 enero 2023]. ISSN 2707-0301. DOI 10.47058/joa3.1. Disponible en: <https://acortar.link/CJHdqj>.

RAE, [2022]. Temperatura | Diccionario de la lengua española. «*Diccionario de la lengua española*» - Edición del Tricentenario [en línea]. [Consulta: 9 febrero 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/temperatura>.

RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.P., GÓMEZ, E., GARAVITO, L. y LÓPEZ, F., 2010. Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas de buchón de agua en humedades artificiales. *Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 59-68. [Consulta: 5 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/M7R8RK>.

RONDÓN, A.Y., CASTILLO, L.A. y MIRANDA, J., 2022. Uso de la cáscara de coco (Cocos nucifera) como medio filtrante en el tratamiento del agua del campo El Salto, Venezuela. *Ingeniería y Desarrollo* [en línea], vol. 38, no. 1, pp. 125-147. [Consulta:

3 enero 2023]. ISSN 01223461. DOI 10.14482/inde.38.1.628.16. Disponible en: <https://acortar.link/3NCrNc>.

SABARA, Z., ANWAR, A., YANI, S., PRIANTO, K., JUNAI, R., UMAM, R. y PRASTOWO, R., 2022. Activated Carbon and Coconut Coir with the Incorporation of ABR System as Greywater Filter: The Implications for Wastewater Treatment. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 1026 [en línea], vol. 14, no. 2, pp. 1026. [Consulta: 3 enero 2023]. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/SU14021026. Disponible en: <https://acortar.link/fZ5ie4>.

SCHADY, N., 2015. Does Access to Better Water and Sanitation Infrastructure Improve Child Outcomes? Evidence from Latin America and the Caribbean. [en línea]. Washington: Disponible en: <http://www.iadb.org>.

SILVA, J., TORRES, P. y MADERA, C., 2008. Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana* [en línea], vol. 26, no. 2, pp. 347-359. [Consulta: 4 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/ljkw4H>.

TAFUR BARDALES, E.H., 2017. *Evaluación del cloruro férrico y sulfato de aluminio, como coagulantes en el proceso de potabilización, en términos de turbidez y potencial de hidrógeno, de las aguas de la quebrada Rumiyacu, distrito de Moyobamba. Repositorio - UNSM* [en línea], [Consulta: 9 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3044>.

VAYAS, J.M., 2017. *Análisis del carbón activado de origen vegetal con las costras de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la textilera «Andelas» Cía LTDA., ubicada en el Parque Industrial de Ambato, provincia de Tungurahua* [en línea]. Tesis para obtención de Título Profesional de Ingeniero Civil. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 3 enero 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/BTjrZa>.

WANG, X., GUO, Z., HU, Z. y ZHANG, J., 2020. Recent advances in biochar application for water and wastewater treatment: a review. *PeerJ* [en línea], vol. 8, pp. 1-34. [Consulta: 4 enero 2023]. ISSN 21678359. DOI 10.7717/PEERJ.9164. Disponible en: [/pmc/articles/PMC7243815/](https://pmc/articles/PMC7243815/).

ANEXOS

Anexo 1. Matriz De Operacionalización

| Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala |
|---|--|---|--|---------------------------------------|----------------|
| V1:(independiente) Los residuos de mesocarpio del <i>Coco (Nucifera)</i> y pecana (<i>Carya illinoensis</i>). | El biocarbón es un material sólido procedente de la descomposición de biomasa de diferentes orígenes mediante procesos como el pirólisis, carbonización hidrotermal, gasificación y la micro gasificación, entre otros (Présiga López, D. 2020) | Se evaluará el diseño, el uso de los frutos secos y las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas para comparar los análisis iniciales con los finales y medir el nivel de reducción y eficiencia. | Caracterización del biocarbón de cascará de coco para depurar las aguas residuales domésticas. | Pirólisis | °c |
| | | | | Análisis granulométrico | mm |
| | | | | Humedad | % |
| | | | | Materia volátil | % |
| | | | | Ceniza | % |
| | | | | Carbono fijo | % |
| | | | | Capacidad de adsorción | mg/g |
| | | | Dosis y granulometría para la reducción gravimétrica y microbiológica como mejora de parámetros biológicos en el tratamiento del agua residual doméstica | Pesos de biocarbón de coco y pecana | g |
| | | | | Análisis granulométrico | mm |
| | | | | Medidas de columna de lixiviación | cm |
| | | | | Tiempos de toma de muestra | minutos |
| | | | | Reducción de parámetros gravimétricos | % |
| | | | | Eficiencia de parámetros biológicos | R ² |
| | | | | Caudal | l/seg |
| V2:(dependiente) Efluente del agua residual doméstica del río Alameda, Ayacucho. | Según el OEFA el agua residual, son aguas que han sido modificadas sus características por las actividades que día a día realizan los hombres, para que sean rehusadas y posteriormente vertidas a un cuerpo natural de agua o como también podrían ser descargadas a un sistema de alcantarillado, necesitan un tratamiento previo. (OEFA, 2014). | Se tomarán muestras del efluente de aguas residuales vertidas al río Alameda, para realizar análisis físico, química gravimétrico y microbiológico, como nitratos y fosfatos. | Características físicos químicos, gravimétricos, biológicos y microbiológicos en el agua residual doméstica. | Temperatura | °c |
| | | | | pH | Acido/base |
| | | | | Conductividad eléctrica | µS/cm |
| | | | | Potencial redox | mV |
| | | | | Oxígeno disuelto | mgO2/L |
| | | | | Demanda química de oxígeno | mgO2/L |
| | | | | Demanda bioquímica de oxígeno | mgO2/L |
| | | | | Sólidos totales | mg/L |
| | | | | Sólidos disueltos | mgO2/L |
| | | | | Sólidos totales suspendidos | mgO2/L |
| | | | | Coliformes totales | UFC/ml |
| | | | | Nitratos | mg/L |
| | | | | Fosfatos | mg/L |
| | | | | Sulfatos | mg/L |

Anexo 2. Matriz de Consistencia

Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y pecana para aguas residuales domésticas vertidas al río Alameda, Ayacucho.

| Problema de investigación | objetivos de la investigación | hipótesis de la investigación | tipo de investigación | nivel de investigación |
|---|--|---|---|--|
| problema general | objetivo general | hipótesis general | Esta investigación es aplicada, en este caso, pretende depurar las aguas contaminadas del río Alameda mediante las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón activado de cáscaras de coco y pecana. | Esta investigación es experimental, porque se manipula variables en determinadas, las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón activado de cáscaras de coco y pecana (variable independiente), a fin de observar la depuración de las aguas residuales domésticas vertida al río Alameda (variable dependiente). Diagrama del diseño experimental: |
| ¿De qué manera las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de cáscara de coco (Nucifera) y pecana (Carya illinoensis) podrán depurar las aguas residuales domésticas del río Alameda, Ayacucho? | Evaluar las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de cáscara de coco (Nucifera) y pecana (Carya illinoensis) en la depuración del agua residual domésticas en el efluente vertida al río Alameda, Ayacucho | las columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de cáscara de coco (Nucifera) y pecana (Carya illinoensis) conseguirán depurar las aguas residuales domésticas que contaminan el río Alameda - Ayacucho | | |
| problemas específicos | objetivos específicos | hipótesis específicos | | |
| a. ¿Cómo se realizarán las caracterizaciones físicas del biocarbón de cáscara de coco y pecana para depurar las aguas residuales domésticas? | a. Determinar las características físicas del biocarbón de cáscara de coco y pecana utilizando en la depuración del agua residual domésticas | a. Las características físicas del biocarbón de cáscara de coco y pecana tendrán una buena bioadsorción en la depuración de las aguas residuales domésticas | | |
| b. ¿Cuáles serán las propiedades físico-químicas, biológicas, gravimétricas y microbiológicas en el agua residual doméstica antes y post tratamiento con biocarbón de coco y pecana? | b. Identificar las propiedades físico-químicas, biológicas, gravimétricas y microbiológicas en el agua residual doméstica antes y post tratamiento con biocarbón de coco y pecana | b. Las propiedades físico-químicos, biológicas y microbiológicas en el agua residual doméstica tendrán una mejor calidad después del tratamiento con biocarbón de coco y pecana | | |
| c. ¿Cuáles serán la dosis y granulometría del biocarbón en las columnas de lixiviación para la reducción, gravimétrica, mejora biológica como microbiológica del agua residual doméstica?. | c. Determinar las dosis y granulometría del biocarbón de cáscara de coco y pecana en las columnas de lixiviación para la reducción, gravimétrica y mejora biológica como microbiológica del agua residual doméstica. | c. Las dosis y granulometría del biocarbón en las columnas de lixiviación reducirán en un 56% los contaminantes del agua residual doméstica que contaminan al río Alameda. | | |

ANEXO 3: Instrumentos de recolección de datos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO I

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de recolección de datos de Campo.
- 1.5. Autores de Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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

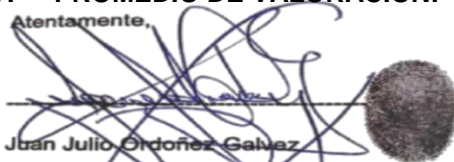
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO II

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización del biocarbón de cáscara de coco y pecana para depurar las aguas residuales.
- 1.5. Autoras de Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuadas a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO III

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Parámetros Físico Químicos, biológicos, gravimétricos y microbiológicos en el agua residual doméstica.
- 1.5. Autoras del Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO IV

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de dosis y granulometría del biocarbón de cáscara de coco y pecana en las columnas de lixiviación para la reducción biológica, gravimétrica y microbiológica del agua residual doméstica.
- 1.5. Autoras del Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO I

I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Valdivia Orihuela, Braulio Armando
 1.7. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de recolección de datos de Campo.
 1.10. Autores de Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 | | |

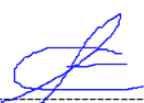
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|



 BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y
 EN TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN GEOGRAAFICA
 DNI: 10472093
 Reg.CIP N° 160959

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO II

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valdivia Orihuela, Braulio Armando
 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
 1.4. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
 1.5. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización del biocarbón de cáscara de coco y pecana para depurar las aguas residuales.
 1.6. Autoras de Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuadas a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|

Trujillo, 12 de febrero del 2023



 BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y
 EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
 DNI: 10472093
 Reg.CIP N° 160959

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO III

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valdivia Orihuela, Braulio Armando
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Parámetros Físico Químicos, biológicos, gravimétricos y microbiológicos en el agua residual doméstica.
- 1.5. Autoras del Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 | | |

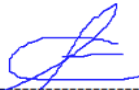
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



 BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y
 EN TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
 DNI: 10472093
 Reg.CIP N° 160959

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO IV

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valdivia Orihuela, Braulio Armando
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de dosis y granulometría del biocarbón de cáscara de coco y pecana en las columnas de lixiviación para la reducción biológica, gravimétrica y microbiológica del agua residual doméstica.
- 1.5. Autoras del Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|

Trujillo, 12 de febrero del 2023



 BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y
 EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
 DNI: 10472093
 Reg.CIP N° 160959

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO I

I. DATOS GENERALES

- 1.11. Apellidos y Nombres: VASQUEZ Aranda, Ahuber Omar
- 1.12. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
- 1.13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de recolección de datos de Campo.
- 1.15. Autores de Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|


 VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y DOCENTE
 UCV-TIEMPO PARCIAL
 DNI: 07748967
 Reg.CIP: 92507

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO II

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: VASQUEZ Aranda, Ahuber Omar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
- 1.5. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.6. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de caracterización del biocarbón de cáscara de coco y pecana para depurar las aguas residuales.
- 1.7. Autoras de Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|


 VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y DOCENTE
 UCV-TIEMPO PARCIAL
 DNI: 07748967
 Reg.CIP: 92507

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO III

I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: VASQUEZ Aranda, Ahuber Omar
 1.7. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Parámetros Físico Químicos, biológicos, gravimétricos y microbiológicos en el agua residual doméstica.
 1.10. Autoras del Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|



 VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y DOCENTE
 UCV-TIEMPO PARCIAL
 DNI: 07748967
 Reg.CIP: 92507

Trujillo, 12 de febrero del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO IV

I. DATOS GENERALES

1.11. Apellidos y Nombres: VASQUEZ Aranda, Ahuber Omar

1.12. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental y Docente UCV tiempo parcial

1.13. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos

1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de dosis y granulometría del biocarbón de cáscara de coco y pecana en las columnas de lixiviación para la reducción biológica, gravimétrica y microbiológica del agua residual doméstica.

1.15. Autoras del Instrumento: Flores Casaverde, Aydee - Rojas Rivera, Erika

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 formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | x | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | | x | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y 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. INTENCIONALIDAD | 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 | La estrategia responde 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 |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 90% |
|-----|



 VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y DOCENTE
 UCV-TIEMPO PARCIAL
 DNI: 07748967
 Reg.CIP: 92507

Trujillo, 12 de febrero del 2023

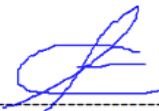
ANEXO 4: Instrumentos de recolección de datos


|  | Ficha 1: Registro de Recolección de datos de campo | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------|-----------|----------|-----------|--------------|-------------|------------|---------------|-------|------|----|-------------|----|---------------|
| Título de la tesis | Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y pecana para aguas residuales domesticas vertidas al río Alameda, Ayacucho. | | | | | | | | | | | | | | |
| Línea de Investigación | Calidad y Gestión de los Recursos Naturales | | | | | | | | | | | | | | |
| Facultad | Ingeniería Ambiental | | | | | | | | | | | | | | |
| Autoras | Flores Casaverde, Aydee Rojas Rivera, Erika | | | | | | | | | | | | | | |
| Asesor | Mg. Montalvo Morales, Kenny Ruben | | | | | | | | | | | | | | |
| Procedencia de muestra | Efluente del agua residual doméstica, Rio Alameda - Ayacucho | | | | | | | | | | | | | | |
| Puntos de monitoreo | Ubicación | Descripción | Localidad | Distrito | Provincia | Departamento | Coordenadas | | Altura (msnm) | Fecha | Hora | pH | Temperatura | OD | Conductividad |
| | | | | | | | Norte/Sur | Este/Oeste | | | | | | | |
| 01 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | | |

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308


 BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y
 EN TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
 DNI: 10472093
 Reg.CIP N° 160959


 VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR
 ESPECIALISTA AMBIENTAL Y DOCENTE
 UCV-TIEMPO PARCIAL
 DNI: 07748967
 Reg.CIP: 92507



Ficha 2: Caracterización del biocarbón de cáscara de coco y pecana para depurar las aguas residuales

| | |
|-------------------------------|---|
| Título de la tesis | Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y pecana para aguas residuales domesticas vertida al río Alameda, Ayacucho. |
| Línea de Investigación | Calidad y Gestión de los Recursos Naturales |
| Facultad | Ingeniería Ambiental |
| Autoras | Flores Casaverde, Aydee Rojas Rivera, Erika |
| Asesor | Mg. Montalvo Morales, Kenny Ruben |
| Procedencia de muestra | Efluente del agua residual doméstica, río Alameda - Ayacucho |

| N° | Muestra | Código de la Muestra | Caracterización del biocarbón activado | | | | | | | OBSERVACIONES |
|----|---------|----------------------|--|-------------------------|---------|-----------------|--------|-------------|------------------------|---------------|
| | | | Pirólisis | Análisis Granulométrico | Humedad | Materia volátil | Ceniza | Carbón fijo | Capacidad de adsorción | |
| 01 | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | |
| 03 | | | | | | | | | | |

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308



BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA
ESPECIALISTA AMBIENTAL Y
EN TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
DNI: 10472093
Reg.CIP N° 160959

VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR
ESPECIALISTA AMBIENTAL Y DOCENTE
UCV-TIEMPO PARCIAL
DNI: 07748967
Reg.CIP: 92507



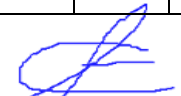
Ficha 3: Parámetros físicos químicos, biológicos, gravimétricos y microbiológicos en el agua residual doméstica.


| | |
|-------------------------------|---|
| Título de la tesis | Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y pecana para aguas residuales domesticas vertidas al río Alameda, Ayacucho |
| Línea de Investigación | Calidad y Gestión de los Recursos Naturales |
| Facultad | Ingeniería Ambiental |
| Autoras | Flores Casaverde, Aydee Rojas Rivera, Erika |
| Asesor | Mg. Montalvo Morales, Kenny Ruben |
| Procedencia de muestra | Efluente del agua residual doméstica, río Alameda - Ayacucho |

| N° | Muestra | Fecha | Hora | Parámetros Físicos- Químicos y Microbiológicos | | | | | | | | | | OBSERVACIONES | | | | | | |
|----|---------|-------|------|--|-----------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------|----------|----------|----------|--|--|
| | | | | Temperatura (T°) | Potencial de hidrogeno (PH) | Conductividad Eléctrica (CE) | Potencial Redox (Eh) | Oxígeno Disuelto (OD) | Demanda química de oxígeno (DQO) | Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) | Sólidos disueltos totales (SDT) | Sólidos disueltos (SD) | Sólidos suspendidos totales (SST) | | Coliformes totales | Sulfatos | Fosfatos | Nitratos | | |
| 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
DNI: 08447308


BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA
ESPECIALISTA AMBIENTAL Y
EN TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
DNI: 10472093
Reg.CIP N° 160959


VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR
ESPECIALISTA AMBIENTAL Y DOCENTE
UCV-TIEMPO PARCIAL
DNI: 07748967
Reg.CIP: 92507



Ficha 4: Dosis y granulometría del biocarbón de cascara de coco y pecana en las columnas de lixiviación para la reducción biológica, gravimétrica y microbiológica del agua residual doméstica.

| | |
|-------------------------------|---|
| Título de la tesis | Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y pecana para aguas residuales domesticas vertidas al río Alameda, Ayacucho |
| Línea de Investigación | Calidad y Gestión de los Recursos Naturales |
| Facultad | Ingeniería Ambiental |
| Autoras | Flores Casaverde, Aydee Rojas Rivera, Erika |
| Asesor | Mg. Montalvo Morales, Kenny Ruben |
| Procedencia de muestra | Efluente del agua residual doméstica, río Alameda - Ayacucho |

| N° | Muestra | Fecha | Hora | Elaboración de las Matrices | | | | | | | Tiempo de retención | OBSERVACIONES |
|----|---------|-------|------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------|--|---------------------|---------------|
| | | | | Pesos de biocarbón de pecana y coco | Análisis granulométrico | Medidas de columna de lixiviación | microbiológicos como DQO, DBO5, | Reducción de parámetros gravimétricos y mejora del OD, | Tiempo de toma de muestra | Dimensiones de la columna de lixiviación | | |
| 01 | | | | | | | | | | | | |
| 02 | | | | | | | | | | | | |

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

BRAULIO ARMANDO VALDIVIA ORIHUELA
ESPECIALISTA AMBIENTAL Y
EN TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA
DNI: 10472093
Reg.CIP N° 160959

VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR
ESPECIALISTA AMBIENTAL Y DOCENTE
UCV-TIEMPO PARCIAL
DNI: 07748967
Reg.CIP: 92507

Anexo 5: Certificado de Análisis de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Flores Casaverde Aydee

Procedencia de muestra : San Sebastián Huamanga- Ayacucho

Recepción de muestra : Lima, 04 de febrero del 2023

Análisis de caracterización de agua residual doméstica

| Código | Temperatura (°C) | Potencial de hidrogeno (acido/base) | Conductividad eléctrica (mS/cm) | Potencial Redox (mV) |
|----------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| PFQ-ARDI | 23.8 | 7.42 | 4.76 | 275.9 |

PFQ-ARDI: Parámetros físicos y químicos del agua residual domestica inicial

| Código | Oxígeno Disuelto (mgO ₂ /l) | Demanda química de oxígeno (mgO ₂ /l) | Demanda bioquímica Oxigeno (mgO ₂ /l) | Turbidez (NTU) |
|----------|--|--|--|----------------|
| PB -_ARD | 0.83 | 1600 | 742 | 286.2 |

PB -_ARD: Parámetros Biológicos del agua residual domestico

| Código | Sólidos Disueltos Totales (mg/l) | Sólidos Disueltos (mg/l) | Sólidos Suspendidos Totales (mg/l) | Fosfatos PO ₄ ³⁻ (mg/l) |
|----------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|---|
| PG -_ARD | 2578 | 1416 | 1162 | 2.628 |

PG -_ARD: Parámetros gravimétricos del agua residual domestica

| Código | Nitratos NO ₃ ⁻ (mg/l) | Sulfatos SO ₄ ²⁻ (mg/l) | Humedad del coco (%) | Humedad de Pecana (%) |
|----------|--|---|----------------------|-----------------------|
| PF - ARD | 85.3 | 92.580 | 12.695 | 2.6725 |

PFA - ARD: Parámetros aniónicos y físicos del coco y pecana

| Muestra | Humedad BCC (%) | Materia volátil BCC (%) | Ceniza del BCC (%) | Carbono Fijo BCC (%) |
|---------|-----------------|-------------------------|--------------------|----------------------|
| PF-BCC | 1.2 | 33.75 | 14.61 | 51.64 |

PF-BCC:: Parámetros físicos del Biocarbón de coco

Método Potenciométrico, método Winkler, Método gravimétrico, método espectrofotometría UVV, Normas ASTM D-2216, Norma ASTM D-3175, Norma ASTM D-5142, Norma ASTM D-3172.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Flores Casaverde Aydee

Procedencia de muestra : San Sebastián Huamanga- Ayacucho

Recepción de muestra : Lima, 16 de febrero del 2023

Análisis de agua residual doméstica Tratada con biocarbón de Coco y Pecana

| Muestras | Temperatura °C | Potencial de hidrogeno (acido/base) | conductividad eléctrica (μS/cm) | Potencial redox (mV) | Turbidez (NTU) |
|----------------------|----------------|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------|
| TARD - (1h - Coco) | 26.5 | 8.69 | 1220 | 137.5 | 45 |
| TARD - (2h - Coco) | 26.5 | 8.45 | 813 | 143.2 | 30 |
| TARD - (3h - Coco) | 26.5 | 8.40 | 768 | 160.2 | 26 |
| TARD - (4h - Coco) | 26.5 | 8.38 | 742 | 168.4 | 15 |
| TARD - (5h - Coco) | 26.5 | 8.33 | 740 | 173.8 | 10 |
| TARD - (6h - Coco) | 26.5 | 8.00 | 738 | 197.0 | 5 |
| | | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 27.00 | 7.74 | 915 | 144.4 | 48 |
| TARD - (2h - Pecana) | 27.00 | 7.62 | 729 | 165.9 | 35 |
| TARD - (3h - Pecana) | 27.00 | 7.56 | 715 | 177.1 | 28 |
| TARD - (4h - Pecana) | 27.00 | 7.54 | 713 | 179.2 | 18 |
| TARD - (5h - Pecana) | 27.00 | 7.52 | 706 | 189.8 | 17 |
| TARD - (6h - Pecana) | 27.00 | 7.44 | 705 | 198.9 | 8 |
| | | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 26.8 | 8.07 | 974 | 197.4 | 50 |
| TARD - (2h - P + C) | 26.8 | 8.02 | 780 | 197.1 | 33 |
| TARD - (3h - P + C) | 26.8 | 7.93 | 738 | 187.8 | 27 |
| TARD - (4h - P + C) | 26.8 | 7.91 | 735 | 184.1 | 16 |
| TARD - (5h - P + C) | 26.8 | 7.71 | 734 | 173.4 | 14 |
| TARD - (6h - P + C) | 26.8 | 7.49 | 726 | 189.8 | 6 |

Método Potenciométrico

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

| Muestras | Oxígeno Disuelto (mgO ₂ /l) | Demanda química de Oxígeno (mgO ₂ /l) | Demanda bioquímica de Oxígeno (mgO ₂ /l) | Concentración Sulfatos (SO ₄ ²⁻ mg/l) | Concentración Fosfatos (PO ₄ ³⁻ mg/l) |
|----------------------|--|--|---|---|---|
| TARD - (1h - Coco) | 1.29 | 1200.00 | 705 | 67.99 | 2.32 |
| TARD - (2h - Coco) | 1.51 | 1133.33 | 648 | 63.69 | 0.87 |
| TARD - (3h - Coco) | 1.61 | 1066.67 | 608 | 55.01 | 0.62 |
| TARD - (4h - Coco) | 1.71 | 1033.33 | 535 | 52.24 | 0.52 |
| TARD - (5h - Coco) | 2.32 | 966.67 | 515 | 51.60 | 0.48 |
| TARD - (6h - Coco) | 2.42 | 946.67 | 505 | 47.10 | 0.46 |
| | | | | | |
| TARD - (1h - Pecana) | 0.30 | 1266.67 | 725 | 72.91 | 1.85 |
| TARD - (2h - Pecana) | 0.91 | 1233.33 | 665 | 57.87 | 0.53 |
| TARD - (3h - Pecana) | 1.11 | 1200.00 | 625 | 54.19 | 0.40 |
| TARD - (4h - Pecana) | 1.51 | 1133.33 | 564 | 52.08 | 0.33 |
| TARD - (5h - Pecana) | 1.61 | 1066.67 | 545 | 51.12 | 0.29 |
| TARD - (6h - Pecana) | 1.91 | 1026.67 | 525 | 48.16 | 0.25 |
| | | | | | |
| TARD - (1h - P+C) | 2.11 | 966.67 | 715 | 71.11 | 1.57 |
| TARD - (2h - P + C) | 2.17 | 933.33 | 652 | 64.61 | 0.80 |
| TARD - (3h - P + C) | 2.21 | 900.00 | 628 | 60.82 | 0.67 |
| TARD - (4h - P + C) | 2.26 | 866.67 | 571 | 56.01 | 0.49 |
| TARD - (5h - P + C) | 2.34 | 833.33 | 546 | 53.70 | 0.44 |
| TARD - (6h - P+C) | 2.38 | 800.00 | 509 | 52.72 | 0.41 |

Método Winkler, Método dicromato de Potasio, Método Espectrofotometría UV/V.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

| Muestras | Sólidos Disueltos Totales (mg/l) | Sólidos Disueltos (mg/l) | Sólidos Suspendidos Totales (mg/l) | Nitratos (NO ³ -mg/l) | Coliformes Totales (UFC/ml) |
|----------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| TARD - (1h - Coco) | 1159 | 1145 | 14 | 82.9 | 125144 |
| TARD - (2h - Coco) | 698 | 738 | NA | 54.6 | 92235 |
| TARD - (3h - Coco) | 634 | 675 | NA | 45.4 | 51587 |
| TARD - (4h - Coco) | 630 | 665 | NA | 42.6 | 25246 |
| TARD - (5h - Coco) | 609 | 660 | NA | 34.3 | 10659 |
| TARD - (6h - Coco) | 607 | 642 | NA | 34.8 | 1234 |
| TARD - (1h - Pecana) | 1066 | 1090 | NA | 71.9 | 128024 |
| TARD - (2h - Pecana) | 679 | 713 | NA | 63.2 | 96324 |
| TARD - (3h - Pecana) | 644 | 635 | 9 | 62.4 | 52234 |
| TARD - (4h - Pecana) | 620 | 600 | 20 | 52.6 | 28245 |
| TARD - (5h - Pecana) | 614 | 593 | 21 | 44.6 | 12456 |
| TARD - (6h - Pecana) | 607 | 516 | 91 | 40.5 | 2546 |
| TARD - (1h - Pecana) | 936 | 980 | NA | 67.7 | 123564 |
| TARD - (2h - P + C) | 660 | 642 | 18 | 56.8 | 90245 |
| TARD - (3h - P + C) | 648 | 611 | 37 | 49.5 | 48657 |
| TARD - (4h - P + C) | 637 | 615 | 22 | 48.8 | 19567 |
| TARD - (5h - P + C) | 631 | 607 | 24 | 43.9 | 6589 |
| TRD - (6H - P+C) | 619 | 603 | 16 | 43.2 | 859 |

Método gravimétrico, método espectrofotometría UV/V, Método de tubos múltiples con siembra en placas Petri.

Lima, 24 de Febrero del 2023


MSc. Atilio Mendoza, A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 6: Imágenes del proceso



Ubicación del lugar de muestra - Rio Alameda – Ayacucho



Armado de filtros más llaves de paso



Trituración y secado a T° ambiente del coco y pecana



Parámetros físicos y químicos de las muestras tratadas



Armado del sistema de columnas de lixiviación con matrices



Toma de la muestra cada hora, total de muestras 6



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MONTALVO MORALES KENNY RUBEN, 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: "Columnas de lixiviación con matrices de biocarbón de coco y pecana para aguas residuales domésticas vertidas al río Alameda, Ayacucho.", cuyos autores son FLORES CASAVARDE AYDEE, ROJAS RIVERA ERIKA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, 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, 18 de Marzo del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| MONTALVO MORALES KENNY RUBEN DNI: 43713929 ORCID: 0000-0003-4403-4360 | Firmado electrónicamente por: KRMONTALVO el 23- 03-2023 19:09:32 |

Código documento Trilce: TRI - 0537479