



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA PILOTO PARA TRATAMIENTO
DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS EMPLEANDO FIBRA DE COCO
EN LA COMUNIDAD “JABONCILLO”, PARROQUIA PICOAZÁ**

AUTOR:

RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES

TUTOR:

ING. JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY, MG.

CALCETA, JULIO 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES**, con cédula de ciudadanía 131602002-1, declaro bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA PILOTO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS EMPLEANDO FIBRA DE COCO EN LA COMUNIDAD “JABONCILLO”, PARROQUIA PICOAZÁ** es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES
CC: 131602002-1

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES, con cédula de ciudadanía 131602002-1, autorizo a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA PILOTO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS EMPLEANDO FIBRA DE COCO EN LA COMUNIDAD “JABONCILLO”, PARROQUIA PICOAZÁ**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES

CC: 131602002-1

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Mg. JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY, con cédula de identidad 2300121833, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado **ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA PILOTO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS EMPLEANDO FIBRA DE COCO EN LA COMUNIDAD “JABONCILLO”, PARROQUIA PICOAZÁ**, que ha sido desarrollado **RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY

CC: 2300121833

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA PILOTO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS EMPLEANDO FIBRA DE COCO EN LA COMUNIDAD “JABONCILLO”, PARROQUIA PICOAZÁ**, que ha sido desarrollado por **RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Mg. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR INTRIAGO
CC: 1308632262
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

PhD. EVER DARIO MORALES
AVENDAÑO
CC: 0959966342
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mg. MARCOS JAVIER VERA
VERA
CC: 1313674481
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A mis padres, por darme el apoyo moral en cada etapa de mi desarrollo como profesional.

A mi hija y a mi novia, por ser parte de este logro profesional.

A mis hermanos queridos, por el amor brindado en todo momento y su apoyo constante; a

A mi tutor, el Ing. José Manuel Pincay Calderón, por brindarme su apoyo en cada etapa de este proceso.

RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi amada novia e hija, ellas quienes me han brindado la fortaleza y sabiduría para llegar hasta el final en este proceso de aprendizaje. Más que mi novia es mi amiga, mi cómplice, mi compañera de vida. El amor que me brinda y su paciencia hacen de mí una mejor persona.

RAMÓN ANDRÉS RAMÍREZ OLIVES

CONTENIDO GENERAL

| | |
|---|------|
| CARÁTULA | i |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA..... | ii |
| AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN | iii |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR | iv |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL..... | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| DEDICATORIA..... | vii |
| CONTENIDOS DE TABLAS, FIGURAS Y FÓRMULAS..... | xi |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| 1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 5 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 5 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 1.4. HIPÓTESIS | 5 |
| 2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1. CONTAMINACIÓN DE AGUAS | 6 |
| 2.1.1. CONTAMINACIÓN POR AGUAS GRISES DOMÉSTICAS..... | 6 |
| 2.1.2. AGUAS GRISES DOMÉSTICAS..... | 7 |
| 2.2. CONSTITUYENTES DE LAS AGUAS GRISES..... | 8 |
| 2.3. CALIDAD DEL AGUA..... | 8 |
| 2.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA..... | 8 |
| 2.4.1. PARÁMETROS FÍSICOS | 9 |
| 2.4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS | 11 |
| 2.5. TIPOS DE FILTROS | 12 |
| 2.5.1. FILTRACIÓN | 12 |
| 2.5.2. BIOFILTRACIÓN | 12 |
| 2.5.3. BIOFILTRO..... | 12 |
| 2.6. DISEÑOS DE FILTROS..... | 13 |
| 2.6.1. FILTRACIÓN RÁPIDA..... | 13 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.6.2. | FILTRACIÓN LENTA..... | 14 |
| 2.6.3. | USO DE FIBRA DE COCO COMO MEDIO FILTRANTE | 15 |
| 2.6.4. | PROPIEDADES DE LA FIBRA DE COCO | 15 |
| 2.7. | EFICIENCIA DE FILTROS DE FIBRA DE COCO | 16 |
| 2.8. | USOS DEL AGUA FILTRADA A PARTIR DE FILTROS DE FIBRA DE COCO 17 | |
| 3. | CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO | 20 |
| 3.1. | UBICACIÓN | 20 |
| 3.2. | DURACIÓN | 21 |
| 3.3. | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 21 |
| 3.4. | MÉTODOS Y TÉCNICAS..... | 21 |
| 3.4.1. | MÉTODOS | 21 |
| 3.4.2. | TÉCNICAS | 22 |
| 3.5. | POBLACIÓN Y MUESTRA | 23 |
| 3.5.1. | POBLACIÓN..... | 23 |
| 3.5.2. | MUESTRA | 23 |
| 3.6. | FACTOR EN ESTUDIO..... | 24 |
| 3.7. | DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 24 |
| 3.8. | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 25 |
| 3.9. | VARIABLES DE ESTUDIOS | 26 |
| 3.9.1. | VARIABLE INDEPENDIENTE | 26 |
| 3.9.2. | VARIABLE DEPENDIENTE..... | 26 |
| 3.10. | OPERATIVIZACIÓN DE LAS VARIABLES..... | 26 |
| 3.11. | PROCEDIMIENTO..... | 28 |
| | FASE 1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EXISTENTE EN EL AGUA GRIS PROVENIENTE DE LAS ACTIVIDADES DOMÉSTICAS DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD JABONCILLO, PARROQUIA PICOAZÁ..... | 28 |
| | FASE 2. IMPLEMENTACIÓN A ESCALA PILOTO UN FILTRO BIOLÓGICO A BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS GRISES DOMÉSTICAS DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD JABONCILLO, PARROQUIA PICOAZÁ..... | 29 |
| | FASE 3. CÁLCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DEL FILTRO CON EL MEJOR TRATAMIENTO ESTABLECIDO..... | 34 |
| 4. | CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 36 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.1. | DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EXISTENTE EN EL AGUA GRIS PROVENIENTE DE LAS ACTIVIDADES DOMÉSTICAS DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD JABONCILLO, PARROQUIA PICOAZÁ | 36 |
| 4.2. | IMPLEMENTACIÓN A ESCALA PILOTO DE UN FILTRO BIOLÓGICO A BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS GRISES DOMÉSTICAS DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD JABONCILLO, PARROQUIA PICOAZÁ..... | 50 |
| 4.3. | CÁLCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DEL FILTRO CON EL MEJOR TRATAMIENTO ESTABLECIDO | 65 |
| 5. | CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 68 |
| 5.1. | CONCLUSIONES | 68 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES..... | 69 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 71 |
| | ANEXOS | 83 |

CONTENIDOS DE TABLAS, FIGURAS Y FÓRMULAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2.1. Parámetros de diseño para filtros rápidos..... | 14 |
| Tabla 2.2. Parámetros de diseño para filtros lentos..... | 15 |
| Tabla 2.3. Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego..... | 18 |
| Tabla 3.1. Tratamientos de acuerdo a los factores en estudio Bifactorial | 24 |
| Tabla 3.2. Anova | 25 |
| Tabla 3.3. Matriz de operativización de variables | 26 |
| Tabla 3.4. Dimensiones del filtro | 31 |
| Tabla 3.5. Límites de los parámetros permisibles en descargas de agua dulce..... | 34 |
| Tabla 4.1. Resultados de agua gris doméstica sin tratamiento | 49 |
| Tabla 4.2. Resumen de registro de datos de parámetros monitoreados | 51 |
| Tabla 4.3. Resumen promedio de valores obtenidos por parámetros | 52 |
| Tabla 4.4. ANOVA por tratamientos Turbidez..... | 54 |
| Tabla 4.5. Prueba Tukey por tratamiento Turbidez al 95% de confianza | 55 |
| Tabla 4.6. ANOVA por tratamientos pH..... | 55 |
| Tabla 4.7. Prueba Tukey por tratamiento pH al 95% de confianza | 56 |
| Tabla 4.8. ANOVA por tratamientos SDT | 56 |
| Tabla 4.9. Prueba Tukey por tratamiento SDT al 95% de confianza..... | 57 |
| Tabla 4.10. ANOVA por tratamientos SST..... | 57 |
| Tabla 4.11. Prueba Tukey por tratamiento SST al 95% de confianza | 58 |
| Tabla 4.12. ANOVA por repeticiones Turbidez | 58 |
| Tabla 4.13. Prueba Tukey por repetición de Turbidez al 95% de confianza..... | 59 |
| Tabla 4.14. ANOVA por repeticiones pH | 59 |
| Tabla 4.15. Prueba Tukey por repetición de pH al 95% de confianza..... | 60 |
| Tabla 4.16. ANOVA por repeticiones SDT..... | 60 |
| Tabla 4.17. Prueba Tukey por repetición de SDT al 95% de confianza | 61 |
| Tabla 4.18. ANOVA por repeticiones SST | 61 |
| Tabla 4.19. Prueba Tukey por repetición de SST al 95% de confianza | 61 |
| Tabla 4.20. Cálculo de eficiencias por tratamientos..... | 62 |
| Tabla 4.21. Resumen del promedio de eficiencias por tratamiento..... | 64 |
| Tabla 4.22. Comparación de parámetros del mejor tratamiento con los límites máximos permisibles | 65 |
| Figura 2.1. Escala de pH..... | 10 |
| Figura 3.1. Ubicación del Sitio "Jaboncillo" | 20 |
| Figura 3.2. Diagrama de flujo de la extracción de fibra de coco para filtro..... | 30 |
| Figura 3.3. Funcionamiento del filtro por interacción de los 3 tratamientos en base a fibra de coco recortada y fibra de coco en polvo..... | 31 |
| Figura 3.4. Esquema del filtro implementado (a) Filtro con Fibra de coco; (b) Filtro convencional sin Fibra de coco..... | 33 |
| Figura 4.1. Mapa de ubicación de viviendas donde se implementó el filtro | 36 |
| Figura 4.2. El agua residual en la comunidad en qué condiciones es recibida | 37 |
| Figura 4.3. Las aguas residuales para reúso pueden ser un producto de calidad | 37 |
| Figura 4.4. Mantiene usted confianza para usar el agua residual tratada..... | 38 |
| Figura 4.5. El uso de aguas residuales tratadas implicaría riesgos para sus cultivos | 39 |
| Figura 4.6. El tratamiento de aguas residuales aporte beneficios al medio ambiente..... | 39 |
| Figura 4.7. Las aguas residuales traen beneficios de salud a los comuneros de Jaboncillo..... | 40 |
| Figura 4.8. El tratamiento de aguas residuales permite preservar los recursos naturales | 41 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.9. El reúso de agua residual tratada aportaría a la disminución de contaminación en Jaboncillo..... | 41 |
| Figura 4.10. Está de acuerdo en el uso de aguas residuales tratadas para actividad agrícola | 42 |
| Figura 4.11. Está de acuerdo en reusar el agua residual tratada para lavar, bañarse o limpiar | 42 |
| Figura 4.12. Considera que los demás pobladores estarían de acuerdo en la reutilización de aguas residuales para actividad agrícola | 43 |
| Figura 4.13. Los reúsos de aguas residuales tratadas promueven nuevas oportunidades en la comunidad | 44 |
| Figura 4.14. Tiene problemas relacionados con disponibilidad del agua para riegos de cultivos | 44 |
| Figura 4.15. El agua de consumo humano se encuentra siempre disponible | 45 |
| Figura 4.16. Considera que las condiciones de cambios climáticos afectan a la disposición del agua..... | 46 |
| Figura 4.17. Mantiene reservas de agua para su posterior uso..... | 46 |
| Figura 4.18. Escucha constantemente información sobre reúso de aguas residuales..... | 47 |
| Figura 4.19. Recibe con frecuencia información sobre el reúso de aguas residuales..... | 48 |
| Figura 4.20. Con frecuencia escucha o observa información sobre el reúso de aguas residuales | 48 |
| Figura 4.21. Conociendo que el agua tratada proveniente de un proceso de filtración segura la usaría con frecuencia | 49 |
| Figura 4.22. Promedio de Turbidez de acuerdo a los 6 tratamientos en Jaboncillo | 52 |
| Figura 4.23. Promedio de pH de acuerdo a los 6 tratamientos en Jaboncillo | 53 |
| Figura 4.24. Promedio de Sólidos Disueltos Totales de acuerdo a los 6 tratamientos en Jaboncillo..... | 53 |
| Figura 4.25. Promedio de Sólidos Suspendidos Totales de acuerdo a los 6 tratamientos en Jaboncillo..... | 54 |
| Figura 4.26. Eficiencias por tratamientos | 65 |
| Ecuación 2.1. Cálculo del pH..... | 10 |
| Ecuación 3.1. Porcentaje de eficiencia | 32 |
| Ecuación 3.2. Costo de producción | 35 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo establecer un sistema piloto para tratamiento de aguas grises domésticas empleando fibra de coco en la comunidad "Jaboncillo", Portoviejo, Manabí - Ecuador. Este estudio fue de tipo cualitativo experimental con un diseño completamente al azar, con un arreglo bifactorial de 2x3, resultando en 6 tratamientos, con 6 repeticiones, obteniendo un total de 36 unidades experimentales más un tratamiento control (filtro convencional sin fibra de coco). Los resultados indican que, el agua residual doméstica que generan no es apta para uso agrícola pero que, con un tratamiento efectivo, pueden reusarla. El agua cruda a filtrarse tuvo 11200 mg/L de DQO y 3000 mg/L de DBO₅, sin diferencias significativas para los parámetros de turbidez, SDT, SST por tratamientos (p-valor > 0,05), pero si en cuanto al pH (T5 y T6 < 0,05); mientras que en las repeticiones se encontraron diferencias significativas para turbidez, SDT y SST (p-valor < 0,05) pero no para el pH (T1 a T5 p-valor > 0,05). El filtro correspondiente al tratamiento 2 (Fibra en polvo 30g + Fibra recortada 60g) tuvo la mejor eficiencia (27,93%); mientras que los tratamientos 3 y 4 tuvieron eficiencias menores al 2%. Se rechaza la hipótesis planteada debido a que el filtro a base de fibra de coco removió un 27,93% en relación a la materia orgánica del agua gris de Jaboncillo y la meta de remoción era el 50%. El costo de producción e implementación del filtro con el mejor tratamiento (T2) fue de \$150,00.

Palabras clave: filtración, fibra de coco, remoción, vivienda, eficiencia

ABSTRACT

The objective of this investigation was to establish a pilot system for the treatment of domestic gray water using coconut fiber in the "Jaboncillo" community, Portoviejo, Manabí - Ecuador. This study was of a qualitative experimental type with a completely randomized design, with a 2x3 bifactorial arrangement, resulting in 6 treatments, with 6 repetitions, obtaining a total of 36 experimental units plus a control treatment (conventional filter without coconut fiber). The results indicate that the domestic wastewater they generate is not suitable for agricultural use but, with effective treatment, they can be reused. The raw water to be filtered had 11,200 mg/L of COD and 3,000 mg/L of BOD5, without significant differences for the parameters of turbidity, SDT, TSS by treatments (p -value > 0.05), but in terms of pH. (T5 and T6 < 0.05); while in the repetitions significant differences were found for turbidity, SDT and TSS (p -value < 0.05) but not for pH (T1 to T5 p -value > 0.05). The filter corresponding to treatment 2 (30g powdered fiber + 60g trimmed fiber) had the best efficiency (27.93%); while treatments 3 and 4 had efficiencies of less than 2%. The proposed hypothesis is rejected because the coconut fiber-based filter removed 27.93% of organic matter from Jaboncillo's gray water and the removal goal was 50%. The cost of production and implementation of the filter with the best treatment (T2) was \$150.00.

Keywords: filtration, coconut fiber, removal, housing, efficiency

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial alrededor de 3,4 millones de personas mueren cada año por afecciones asociadas a la presencia de residuos humanos en el agua como el cólera, la fiebre tifoidea, la hepatitis infecciosa, la poliomielitis, la criptosporidiosis, la ascariasis y las enfermedades diarreicas (Cano et al., 2021). En América Latina existen desafíos respecto a la provisión de agua dulce y saneamiento de aguas sobre todo en zonas rurales donde se evidencia la crisis por las huellas visibles de los efectos negativos (Vega, 2018), también los autores Méndez y Orejuela (2021) dan a conocer que el 70% de las aguas residuales parcialmente tratadas y no tratadas, producidas por la población son devueltas al medio natural (ríos, mares o tierras) sin ningún tratamiento, además de las infiltraciones de los residuos de fertilizantes y plaguicidas utilizados en la agricultura, desechos domésticos y otros.

Moncaleano y Ramírez (2019) indican que en las zonas rurales de la subregión de Sudamérica no poseen alcantarillado sanitario, por ende, los habitantes buscan soluciones de saneamiento comunales o individuales como lo son las letrinas; sin embargo dichas soluciones no tienen sistemas de tratamiento para el agua vertida, lo cual afecta los sistemas naturales, especialmente en los países en desarrollo, puesto que se encuentra que alrededor de un 90% del agua que cae a los ríos no recibe ningún sistema de depuración. Macías (2021) señala que existen algunos procesos de purificación del agua que requieren altos costos de implementación, por lo que actualmente se utiliza carbón activado obtenido a partir de residuos vegetales, tales como: arroz, coco, banano, cacao, cáscara de naranja, entre otros.

En cuanto al Ecuador, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en sus indicadores de defunciones generales destacó que para el año 2019, una de las principales causas de muerte fueron las enfermedades infecciosas intestinales con un total de 112 defunciones, de las cuales a nivel de la provincia de Esmeraldas se reportaron 10 defunciones (Pazmiño, 2021). Esto debido al bajo acceso a servicios de

agua y saneamiento en las áreas periurbanas y rural (Lentini, 2022), cuyos impactos en la salud, principalmente se reflejan en las personas que están bajo la línea de la pobreza y la ruralidad; las cuales tienen menos acceso al agua potable y un mal manejo de las excretas y por ende presentan más enfermedades vinculadas al agua (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, 2021).

Intriago y Mendoza (2021) mencionan que en la provincia de Manabí, la calidad del agua proveniente de ríos y embalses se ha visto altamente estropeada, debido al vertido de aguas de desecho de origen doméstico, agropecuarios e industriales hacia dichos cuerpos de agua. Se evidencia según Chávez y Freire (2021) que existen grandes deficiencias en cuanto al acceso de agua segura, existiendo comunidades que obtienen el suministro de sistemas de abastecimiento de agua no tratadas apropiadamente, adquiriendo diversas enfermedades debido a la baja calidad con la que llega a cada hogar.

En la comunidad “Jaboncillo” de la parroquia Picoazá cantón Portoviejo, no cuentan con tecnologías para tratar aguas grises debido al crecimiento no planificado de esta área de la parroquia principalmente en las áreas de amortiguamiento a la zona de protección ambiental y arqueológica, además cercana a la zona de estudio se generan residuos de los cultivos del coco que pueden ser aprovechados como medio filtrante para aguas grises. Por lo tanto, para Rondón et al. (2020) las cáscaras de coco representan una fuente natural de fibra, con una composición promedio del 36% de celulosa, 25% de hemicelulosa y 28% de lignina, potenciando su uso para el tratamiento y la remoción de agentes contaminantes en aguas residuales e industriales, siendo la principal razón, para establecer un sistema piloto para tratar las aguas grises a través de medios de filtrado con la cáscara de coco.

Con estos antecedentes antes expuestos, se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Se depurarán las aguas grises domésticas de la comunidad “Jaboncillo” de la parroquia Picoazá haciendo uso del filtro vegetal a base de cáscara de coco?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el aspecto legal, el estudio se fundamenta en el artículo 32 de la Constitución de la República del Ecuador (2008), según el cual la salud es un derecho garantizado por el estado, vinculado a otros como el acceso al agua, alimentación, educación, a la recreación, trabajo, seguridad social, medio ambiente sano y demás que apoyen el buen vivir.

Asimismo, en el Código Orgánico del Ambiente [COA] (2017) en el Art. 196 señala que “El tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales es responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales; los cuales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre”.

Desde el ámbito social se justifica; ya que el acceso al agua potable es un derecho que tiene toda la población mundial, aun así, la desigualdad aflige a las personas pobres, desfavorecidas y/o marginales del mundo (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO, 2019). Pérez y Rojas (2020) dan a conocer la mejora en la gestión del recurso hídrico y el acceso a los servicios de agua y saneamiento atienden la inequidad social y económica para que así todos puedan disfrutar de los beneficios y oportunidades que brinda el agua.

Lugo y Lugo (2018) mencionan que desde lo económico se justifica; ya que la falta de sistemas de tratamiento de agua en las comunidades rurales es una problemática que constituye un riesgo considerable para la salud de las personas que viven en estas zonas, debido a que requiere de inversiones económicas para la construcción de

tecnologías de purificación de agua. He aquí la importancia de implementar tecnologías eficientes de bajo costo para el saneamiento artesanal del agua en comunidades rurales; por lo que esta investigación también podrá ser utilizada como base para futuras investigaciones enfocadas en el tratamiento de aguas residuales grises domésticas con productos naturales y de bajo costo que busquen ayudar a pobladores de zonas alejadas de las ciudades, que carecen de un sinnúmero de servicios básicos como lo es el acceso a agua potable y alcantarillado y contribuir de esta manera a mejorar el ambiente donde viven.

Desde el punto de vista técnico, esta investigación sigue lo dispuesto por Ponce (2019) que propuso la elaboración y aplicación del carbón activado a partir de la cáscara de coco, en base a los estudios previos realizados con esta materia prima ha resultado eficaz y muy beneficioso. Cedeño y Ayón (2020) indican que una alternativa al manejo del agua residual es el uso de filtros biológicos, que purifican el agua mediante procesos naturales, ya que para resolver los problemas sanitarios se deben buscar tecnologías alternativas e innovadoras, y los biofiltros aportan una solución para la potabilización del agua de forma respetuosa con el medio ambiente, reduciendo los efectos negativos de un mal drenaje del agua.

Basados en estos argumentos, la presente investigación tiene como interés aportar en el proceso de saneamiento de las aguas grises domésticas mediante el uso de biofiltros elaborados a partir de los residuos de la cáscara del coco producto de las actividades agrícolas de la comunidad “Jaboncillo”, parroquia Picoazá. De esta manera se espera que los pobladores de dicha comunidad puedan darles un segundo uso a estas aguas residuales productos de las actividades de aseo en el hogar y disminuir en efecto los problemas del recurso hídrico.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer un sistema piloto para tratamiento de aguas grises domésticas empleando fibra de coco en la comunidad “Jaboncillo”, parroquia Picoazá.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el contenido de materia orgánica existente en el agua gris proveniente de las actividades domésticas de una vivienda en la comunidad Jaboncillo, parroquia Picoazá.
- Implementar a escala piloto un filtro biológico a base de fibra de coco para la remoción de materia orgánica en aguas grises domésticas de una vivienda en la comunidad Jaboncillo, parroquia Picoazá.
- Determinar la eficiencia y el costo de producción del filtro con el mejor tratamiento establecido.

1.4. HIPÓTESIS

El filtro a base de fibra de coco removerá en un 50% el contenido de materia orgánica en aguas grises domésticas de una vivienda en la comunidad Jaboncillo, parroquia Picoazá.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTAMINACIÓN DE AGUAS

Cusiche y Miranda (2019) el 72% de los lagos y humedales del mundo están contaminados por vertidos urbanos e industriales, provocando más de la mitad de las enfermedades infecciosas conocidas, asimismo en algunos países, los lagos y ríos se han convertido en reservorios de desechos, aguas residuales urbanas, industriales, incluso tóxicas, así como de productos químicos resultantes de actividades agrícolas o mineras, las cuales afectan las aguas superficiales y subterráneas por la presencia de compuestos contaminantes, especialmente metales, que debilitan la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos.

La agricultura moderna intensiva actualmente, está acompañada por cambios sustanciales en la estructura del paisaje que disminuye: hábitat y la biodiversidad, sin embargo, los canales de drenaje agrícola en paisajes inadecuados llegan a ofrecer hábitats valiosos para la diversidad de organismos asociados al agua (Araya, 2020).

Chican y López (2021) mencionan que la evaluación de impactos causados por los lixiviados de vertederos es de carácter negativo comúnmente, debido a que la composición química del lixiviado y los materiales que arrastra al percolarse provocaron impactos significativos tales como la contaminación de las aguas subterráneas acelerando el proceso de eutrofización de las mismas, lo cual provocó la acidificación de los cuerpos de agua subterránea, afectando directamente la potabilización de la misma, la presencia de la materia orgánica provocó que dichas aguas posean hedor putrefacto y afecten la calidad del agua.

2.1.1. CONTAMINACIÓN POR AGUAS GRISES DOMÉSTICAS

Osorio et al. (2021) las aguas residuales domésticas o servidas son aquellas que se originan de las actividades humanas cotidianas, la descarga se produce a través de las redes de alcantarillado o directamente al medio ambiente, su composición es muy

variable y las propiedades físico-químicas y biológicas han cambiado fuertemente, por lo que en tal estado son no aptos para algún tipo de consumo, por lo que requieren un tratamiento especial, debido a la carga considerable de sólidos en suspensión, compuestos orgánicos biodegradables, partículas inorgánicas disueltas, metales pesados, nutrientes y contaminantes orgánicos primarios.

Osorio et al. (2020) la caracterización de las aguas residuales domésticas se basa en determinar el olor, color, temperatura, densidad, turbiedad, sólidos totales, nitratos, sulfatos, cromo, hierro, cloruros, calcio, zinc, y el pH, también las aguas residuales domésticas hacen referencia a aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.), consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares, además se entiende que la acción y efecto en la que el hombre introduce materias contaminantes, formas de energía o inducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto.

2.1.2. AGUAS GRISES DOMÉSTICAS

Meléndez et al. (2018) mencionan que solo 20% de las aguas residuales (AR) se tratan antes de ser vertidas a los cuerpos de agua, lo que reduce la calidad de las fuentes de agua y limita el suministro disponible, implicando nuevos desafíos para la gestión de los recursos hídricos y el uso eficiente del agua.

Meléndez et al. (2019) hacen mención que de las AR domésticas, las que presentan mayor potencial de reutilización que son (AG), debido a su menor contaminación si se las compara con las aguas negras, mayor facilidad de tratamiento y menor riesgo asociado a su reutilización, las AG provenientes del lavamanos, ducha y bidé han sido reusadas para descarga de inodoros, riego de jardín, limpieza del hogar, lavandería y lavado de vehículos.

2.2. CONSTITUYENTES DE LAS AGUAS GRISES

Las aguas residuales se componen, básicamente de un 99,9% de agua en su estado conocido como agua potable y de un 0,1% por peso de sólidos, sean estos disueltos o suspendidos, este 0,1% es el que se requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada, el agua sirve o actúa como medio para transporte para estos sólidos (Aguamarket, 2020).

2.3. CALIDAD DEL AGUA

Para definir la calidad del agua resulta imprescindible anteponer un uso predominante, será este uso el que determine los parámetros más importantes que se deben considerar ya que, en función de los mismos, se podrá clasificar un agua en términos de calidad, por lo tanto no es lo mismo si el agua va destinada a riego, baño o su fin es el consumo humano, en la actualidad algo menos de las dos terceras partes de agua destinada a consumo humano procede de aguas continentales superficiales, o sea, ríos, arroyos, embalses, lagos o lagunas (Rodó, 2018).

Según Varó y Segura (2019) el resto se divide entre un tercio de agua subterránea y una pequeña cantidad de agua de mar, en el caso de las aguas continentales superficiales. Si se destinan a abastecimiento de agua potable, deberán mantener unos parámetros mínimos de calidad que aseguren su buen estado para comprobar que cualquier vertido industrial y/o urbano al cuerpo hídrico no altere las condiciones del agua, por lo que se vuelve imprescindible que la calidad sea revisada regularmente.

2.4. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Granada et al. (2018) aduce que un factor determinante para el gestor ambiental es conocer la calidad de agua para consumo humano, uso industrial, agrícola y descarga de aguas residuales, en este sentido, existen algunos criterios de calidad establecidos por las normas legales vigentes en ambos sentidos, cabe destacar que el agua residual se puede someter a diferentes etapas de tratamiento dependiendo del grado de contaminación.

2.4.1. PARÁMETROS FÍSICOS

De acuerdo a lo referido por la Cámara Argentina de Fabricantes de Máquinas Agrícolas CAFMA (2018), los constituyentes encontrados en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos químicos y biológicos. Existen cinco características físicas esenciales en el agua residual que pueden ser fácilmente percibidas por los sentidos. Estos son:

- Sólidos.
- Turbidez.
- Color.
- Temperatura.
- Olor.

2.4.1.1. SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (SDT)

Los sólidos hacen referencia a materia suspendida o disuelta en agua o en agua residual, pueden afectar negativamente la calidad del agua o del efluente de varias formas, con abundantes sólidos disueltos generalmente son de palatabilidad inferior y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional, se considera aceptable un límite de 500 mg/L de sólidos disueltos, las aguas altamente mineralizadas, siempre son inadecuadas para muchas aplicaciones industriales, con alto contenido de sólidos suspendidos pueden estéticamente no satisfactorias para el baño personal, los análisis de sólidos son importantes en el control de los procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y el cumplimiento reglamentario sobre efluentes de AR (Chacón, 2016).

2.4.1.2. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)

Son sólidos obtenidos al pasar agua por un filtro con un tamaño de poro de 0,45 μm , equivale a la fracción de contaminantes que pueden ser removidos por sedimentación, floculación o filtración, está formado por partículas inorgánicas (arcilla, arena, tierra) y

orgánicas (fibras vegetales, células de algas, bacterias, microorganismos, etc.). El impacto que provoca la presencia de sólidos suspendidos es la formación de un área expuesta a la adsorción de agentes químicos y biológicos, y la presencia de materia orgánica que al degradarse deteriora la calidad de agua, un tratamiento secundario convencional de agua residual arroja un resultado del orden de 30 mg/L de SST (Jiménez, 2001).

Asimismo, el Protocolo para la determinación de la cantidad total de partículas en suspensión secadas a 103-105 °C sumergidas en un fluido en una corriente de Foucault, que actúa sobre las partículas en direcciones aleatorias con fuerzas que se oponen a la gravedad y así evitan que los sólidos entren en depósitos inferiores, contribuyendo a que la partícula no se deposite en el fondo gracias a variables como el tamaño, la densidad, la forma de la partícula y la velocidad del agua (Torres, 2019).

2.4.1.3. pH

El pH es un término usado para expresar la fuerza de las condiciones ácidas o básicas del agua, que se expresa como:

$$\text{pH} = - \log [h^+] \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Ecuación 2.1. Cálculo del pH

Según el análisis químico, el pH siempre oscila en una escala que va de 0 a 14.



Figura 2.1. Escala de pH

La escala de valores del pH tiene una similitud a un termómetro. Mientras que la escala de un termómetro mide la intensidad de calor, el pH mide el grado de acidez o de alcalinidad, pero no determina el valor de la acidez ni de la alcalinidad (Sierra, 2011).

2.4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

La Dirección de Recursos Hídricos (2017) menciona que si el agua analizada no recibió efluentes urbanos o industriales, en el estudio se deben determinar los siguientes parámetros: iones principales (bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio y sodio); oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, carbono orgánico, al preparar estas prospecciones se debe tener en cuenta los factores naturales que influyen en la composición química del agua, y la cantidad, localización y tipo de asentamientos urbanos, industrias y de la presencia de actividades agropecuarias.

En relación a los usos del agua, los parámetros típicos determinantes en cada caso son:

- **Uso doméstico:** turbidez, sólidos disueltos, tóxicos, coliformes
- **Uso industrial:** sólidos disueltos y en suspensión
- **Riego:** sólidos disueltos, contenido de sodio
- **Bebida para ganado:** libre de parásitos y patógenos
- **Recreo:** turbidez, tóxicos, coliformes
- **Vida acuática:** Oxígeno disuelto, compuestos organoclorados.

2.4.2.1. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato o permanganato, en medio ácido, teniendo en cuenta que la oxidación que se lleve a cabo en un laboratorio de ensayos o de análisis de DQO no se corresponde con la estequiométrica (Ramalho, 1996).

2.4.2.2. TURBIDEZ

Como parte de un análisis organoléptico del agua, es la apreciación sensorial de la transparencia de la muestra en campo y por subjetiva que parezca, es importante de la transparencia de la muestra en campo y por subjetiva que parezca, es importante

realizarla y registrarla como parte de la información de la muestra, toda vez que dicha propiedad puede variar apreciablemente con relación a las muestras transportadas al laboratorio, se dispone de un turbidímetro de campo, la medición instrumental sustituye a la valoración sensorial (Cárdenas, 2022).

2.5. TIPOS DE FILTROS

Se componen tres tipos de filtros de acuerdo a Yanza (2017): como filtración, biofiltración y biofiltro.

2.5.1. FILTRACIÓN

De acuerdo a Rondón et al. (2020) la filtración es el proceso de eliminación de sólidos en suspensión y reducción de contaminantes mediante el paso de agua a través de una capa de tela permeable o material poroso según los requerimientos de su uso posterior y el nivel de contaminación existente.

2.5.2. BIOFILTRACIÓN

Este proceso de biofiltración es uno de los más antiguos que se ha aplicado en el tratamiento de aguas, y su objetivo es la separación de partículas y microorganismos objetables en el agua, que no han sido retenidos mediante otros procesos, aquí se utiliza material orgánico para capturar y degradar de forma biológica a los contaminantes y los compuestos odoríferos presentes en las aguas residuales (Arango, 2004).

2.5.3. BIOFILTRO

Se conoce como un biofiltro a aquellos filtros que utilizan materiales orgánicos como empaque (paja, pasto, madera, turba, fibras, etc.), el efluente, aguas residuales, son rociados en la superficie del biofiltro y escurren por el medio filtrante quedando retenida la materia orgánica o componentes químicos contaminantes, los cuales son consumidos por la actividad microbiológica oxidándose y degradándose (Payán, 2021).

2.6. DISEÑOS DE FILTROS

Moreno (2019) propone que la función de filtrado consta de dos etapas, filtrado y lavado; la filtración es la misma independientemente de las clasificaciones mencionadas anteriormente, ya que se refiere al paso del agua contaminada a través de una estructura de lecho granular que descansa sobre un material tipo grava, donde los contaminantes son removidos por fenómenos de resistencia-adsorción. Sin embargo, Carrasco y Menéndez en el (2010) dan a conocer que la capa filtrante tiene un límite de vertido, que se refleja en el aumento del contenido de sustancias en suspensión en las aguas residuales, por lo que debe regenerarse en la etapa de lavado, que se realiza especialmente a contracorriente, para esta operación se utiliza agua a presión, aire o los dos mediante combinación.

Betaquímica (2020) expresa que el medio filtrante granular puede estar constituido por arena, antracita, arena de alta densidad, granate, ilmenita o carbón activado, este medio debe estar soportado sobre un lecho de grava. Si se utiliza otro tipo de material como capa filtrante, se deben contar con estudios internacionales que avalen la aplicabilidad en el ámbito nacional.

Los lechos filtrantes deben cumplir con los siguientes parámetros:

- Tamaño efectivo
- Coeficiente de uniformidad
- Porosidad
- Forma de los granos
- Masa específica

2.6.1. FILTRACIÓN RÁPIDA

Esta filtración se puede clasificar de flujo ascendente y descendente y este debe pasar por el lecho filtrante por gravedad, para el flujo ascendente se debe ubicar una unidad de entrada en el inferior de la estructura y ascender para llegar a la zona de descarga, el lavado se puede realizar de forma continua o intermitente; si se realiza intermitente

debe hacerse en el mismo sentido del flujo, lo que representa la generación de conexiones cruzadas entre agua limpia y agua contaminada, por lo tanto el desagüe debe ser a prueba de atascamientos, los lechos filtrantes pueden ser de un solo medio o dual, deben ser duras, resistentes y preferiblemente redondeadas; el lecho de soporte debe ser de grava característicamente de forma alargada (Malqui, 2021).

Tabla 2.1. Parámetros de diseño para filtros rápidos

| Parámetro | Clasificación | Valor | Unidad |
|--|---------------------------------------|---|--|
| Tipo de lecho | Monomedio | Arena o antracita | NA |
| | Dual | Arena y antracita | NA |
| Velocidad de filtración | Monomedio con altura máxima de 0,75 m | <120 | m ³ /(m ² .día) |
| | Monomedio mayor a 0,9 m dual | Max 180 Max 350 | m ³ /(m ² . día) m ³ /(m ² . día) |
| Altura del agua sobre el lecho Pérdida de carga | Flujo ascendente | >0,5 | m |
| | | Max 2 | m |
| | | Expansión del lecho 20%- 40% | % |
| | | Velocidad de lavado | % |
| Sistema de lavado | Flujo ascendente y lavado superficial | 70% >fluidización tasa de flujo de 80 – 160 | L(min.m ²) |
| | | Presión 15-30 | m |
| | Lavado simultaneo con agua y aire | Tasa de Aire 0,3 – 0,9 | m ³ /(m ² .min) |
| | | Velocidad del agua máximo 0,3 | m ³ /(m ² .min) |
| | | Expansión del lecho máximo 10% | % |

Fuente: Malqui (2021).

2.6.2. FILTRACIÓN LENTA

La filtración lenta es un proceso de purificación de agua para consumo humano donde intervienen fenómenos físicos y biológicos en la remoción de partículas en suspensión y microorganismos patógenos. Este último efecto se debe a una película superficial llamada schmutzdecke, donde crece un consorcio microbiano, capaz de inactivar patógenos y algunos contaminantes químicos; necesitándose de entre 15 y 20 días para formar esta película. Este dispositivo se puede aplicar como tratamiento final para aguas de baja turbidez y se debe aplicar con caudales bajos (7-14 m³/m²*día), el lavado debe ser por raspado de capas superficiales del lecho filtrante. El material filtrante más recomendado es la arena por su durabilidad, resistencia y costos (Gallardo, 2017).

Tabla 2.2. Parámetros de diseño para filtros lentos

| Parámetro | Clasificación | Valor | Unidad |
|--------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------------|
| Lecho filtrante | Arena | <2% Carbonato de Calcio | % |
| | Tamaño efectivo | 0,35 – 0,55 | Mm |
| | Coefficiente de uniformidad | 2,0 – 4,0 | Na |
| Lavado | Espesor | 0,8 – 1 | Mm |
| | Raspado superficial | 0,01-0,02 | m |
| | Altura de lecho | no <0,50 | m |
| Maduración del lecho | | 3,0 – 15 | Días |
| Medio de soporte | Grava | Peso específico >2,5 | |
| | | Pérdida de peso no mayor al 5% en ácido clorhídrico | % |
| Capa de grava 1 | Tamaño de la grava espesor | 9,0 – 19 0,10 - 0,15 | mm mm |
| Capa de grava 2 | Tamaño de la grava espesor | 2,0 – 9,0 0,05 | mm mm |
| Capa de grava 3 | Tamaño de la grava espesor | 1,0 – 1,5 0,05 | mm mm |
| Tasa de filtración | | 7,0 – 14 | m ³ /(m ² .día) |
| Altura del agua sobre el lecho | | <0,8 | M |
| Velocidad de entrada | | 0,1 | m/h |
| Pérdida de la carga | | 0,1 – 1,0 | M |

Fuente: Gallardo (2017).

2.6.3. USO DE FIBRA DE COCO COMO MEDIO FILTRANTE

El material con un mayor porcentaje de acogida y con mayor campo de estudio al ser utilizado como material filtrante es la fibra de coco procedente de basureros y desechos de los puesto de venta, más una capa de aserrín en donde reside un cultivo de lombriz que tiene como sustrato la materia orgánica presente en el agua a tratar, esta materia orgánica sirve de sustrato para la lombriz, al pasar el agua por el filtro sale con mínimo de materia orgánica y es necesario un sistema de aireación para ayudar a las bacterias a degradar componentes más pequeños de materia orgánica que no han sido retenidos en el filtro (Gallardo, 2017).

2.6.4. PROPIEDADES DE LA FIBRA DE COCO

Rondón et al. (2020) aportan que las cáscaras de coco constituyen un desecho agroindustrial, a pesar de esto representan una fuente natural de fibra, con una composición promedio del 36 % de celulosa, 25 % de hemicelulosa y 28 % de lignina. Su uso para el tratamiento y la remoción de agentes contaminantes en aguas

residuales e industriales tiene un desarrollo significativo en el ámbito científico, del que se destaca una patente que data del 2007 cuya finalidad fue demostrar la eficacia de este subproducto a través del uso del mesocarpio del coco como material biofiltrante en un sistema de tratamiento de aguas residuales (Navas, 2017). De igual forma, Pereira et al. (2017) se destacan investigaciones en las que el carbón activado procedente del endocarpio y mesocarpio de esta materia vegetal se empleó como elemento separador y tratante de dureza, fenoles, fluoruros, hierro, plomo y cromo en muestras de agua.

2.7. EFICIENCIA DE FILTROS DE FIBRA DE COCO

De acuerdo a los resultados obtenidos de Navas (2017) se estableció la eficiencia del filtro en función al Límite de Descarga, elaborado de “Fibra de Coco” como material filtrante de acuerdo a los análisis realizados al agua residual de la Lavadora y Lubricadora de Autos en la que dio como resultados la Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO_5), un valor en el análisis de la muestra sin filtrar de 407 mg/L y un valor en el análisis de muestra filtrada a los 90 días de 194 mg/L que da un porcentaje un 77,6 % de eficiencia.

Los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO) mostraron valores de 980 mg/L cuando se analizó la muestra sin filtrar y de 401 mg/L cuando se analizó la muestra filtrada después de 90 días. Esto corresponde a una eficiencia de eliminación de materia orgánica del 80 por ciento. Los resultados para “aceites y grasas” arrojaron valores de 268 mg/L cuando se analizó la muestra sin filtrar y de 0,058 mg/L cuando se analizó la muestra filtrada a los 90 días, lo que equivale a 0,10%. Se comprobó la disminución de los valores de los parámetros a los 90 días, DQO, Aceites y Grasas llegando a estar dentro del rango de los Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) (Ponboza, 2022).

Otro estudio realizado por Burgos y Pierre (2021), revela que el biofiltro ayuda a disminuir la carga orgánica pero no a cumplir con la disminución de los parámetros de

DQO y SST que estén en los rangos permitidos de la normativa AM. 097A. Si se logró bajar la DBO₅ del agua residual durante 8 días de tratamiento, esta disminuyó de 1860 mg/L a 410 mg/L con una eficiencia del 77% en la cama de 10 cm y 430 mg/L en la cama de 15 cm. Por lo tanto, con una eficiencia del 76%, no es posible alcanzar el rango permitido por la normativa en la Tabla 9 - Restricciones de caudal de agua dulce en AM 097A, que corresponde al valor máximo permitido de 100 mg/L.

Estupiñan y Sánchez (2019) mencionan que la concentración de los Sólidos Suspendidos Totales, para las muestras de 10 y 15 cm se alcanzó una remoción con la fibra de coco de 2750 mg/L hasta los 1400 mg/L y 1500 mg/L respectivamente, verificando que en el interior del filtro se pudo retener una gran cantidad de sólidos, pero no se logra de esta manera estar en el rango máximo permisible para su descarga según la tabla 9, AM. 097A ya que el máximo es 130 mg/L.

Se logra disminuir el DQO del agua residual sedimentada durante los 8 días de tratamiento bajando de 5433 mg/L a 2508 mg/L en el lecho de 10 cm con el 53% de eficiencia y en el lecho de 15 cm bajo a 2317 mg/L con el 57 % de eficiencia, pero no se logra llegar al rango permitido por la normativa de la tabla 9, límites de descarga a un cuerpo de agua dulce del AM. 097A que nos indica un máximo permisible de 200 mg/L, se puede establecer que la fibra de coco es eficiente para disminuir las concentraciones de DQO y DBO₅ y ST en el tratamiento de aguas residuales del camal de Balzar, donde alcanzo una eficiencia superior al 80% de manera general con el lecho filtrante de 15 cm, sin embargo, no se logra llegar al rango permitido por la norma en los parámetros de DQO y ST (Quilligana, 2018).

2.8. USOS DEL AGUA FILTRADA A PARTIR DE FILTROS DE FIBRA DE COCO

Es importante que el agua empleada para uso doméstico cumpla con las características físicas, químicas y microbiológicas para uso doméstico; tal como se indica en el Acuerdo Ministerial 097- A Anexo 1. De esta manera se asegura la salud de la población. En la mayoría de los casos el agua depura contaminantes, pero se

recomienda que su uso se emplee mayormente en el riego o actividades de lavado para que algún patógeno desprovisto afecte la salud del consumidor (Pozo, 2020).

Marín y Arriojas (2020) el endocarpio o cáscara de *C. nucifera* demostró buenas propiedades para la remoción de turbidez en la muestra de ATS utilizada en la investigación como medio filtrante granular, ya que alcanzó una eficiencia máxima de 76,4% para una masa del medio filtrante de 225 g y una alta eficiencia de remoción de SST de 94,8% además en cuanto al efecto del medio filtrante sobre el pH del ATS, se concluyó que, a pesar de observarse una disminución, él mismo se encuentra dentro del rango establecido en las normas de calidad de agua.

Uno de los instrumentos legales vigentes es el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA (2017), dentro del Libro VI De la Calidad Ambiental, contempla en sus anexos, la normativa técnica ambiental dictada al amparo de la Ley de Gestión Ambiental y su reglamento, entre los documentos adjuntos se encuentra el Anexo 1, que norma la Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso Agua donde se encuentra la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego.

| Problema potencial | Unidades | Grado de restricción | | | |
|--|----------|----------------------|--------|----------|--------|
| | | Ninguno | Ligero | Moderado | Severo |
| Salinidad (1): | | | | | |
| CE(2) | mmhos/cm | 0,7 | 0,7 | 3 | >3,0 |
| SDT(3) | mg/l | 450 | 450 | 2000 | >2000 |
| Infiltración (4): | | | | | |
| Ras= 0 - 3 y CE | | 0,7 | 0,7 | 0,2 | <0,2 |
| Ras= 3 - 6 y CE | | 1,2 | 1,2 | 0,3 | <0,3 |
| Ras= 6 - 12 y CE | | 1,9 | 1,9 | 0,5 | <0,5 |
| Ras= 12 - 20 y CE | | 2,9 | 2,9 | 1,3 | <1,3 |
| Ras= 20 - 40 y CE | | 5 | 5 | 2,9 | <2,9 |
| Toxicidad por ión específico (5): | | | | | |
| - Sodio | | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|---------|-----|-----|-------|
| Irrigación superficial RAS | | 3 | 3 | 9 | >9,0 |
| (6) | | | | | |
| Aspersión | meq/l | 3 | 3 | | |
| <hr/> | | | | | |
| - Cloruros | meq/l | | | | |
| Irrigación superficial | meq/l | 4 | 4 | 10 | >10,0 |
| Aspersión | mg/l | 3 | 3 | | |
| <hr/> | | | | | |
| - Boro | | 0,7 | 0,7 | 3 | >3,0 |
| <hr/> | | | | | |
| - Nitrógeno (N-NO ₃) | mg/l | 5 | 5 | 30 | >30 |
| <hr/> | | | | | |
| - Bicarbonato (HCO ₃) | meq/l | 1,5 | 1,5 | 8,5 | >8,5 |
| <hr/> | | | | | |
| pH | Rango | 6,5-8,4 | | | |
| | Normal | | | | |

* Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego:

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
- (2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
- (3) Sólidos disueltos totales.
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles.

Fuente: TULSMA (2017).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se desarrolló en la comunidad "Jaboncillo" perteneciente a la parroquia Picoazá del Cantón Portoviejo y sus coordenadas son $1^{\circ}51'0''$ S y $79^{\circ}49'0''$ W en formato DMS (grados, minutos, segundos) o -1.85 y -79.8167 (en grados decimales). Su posición UTM es PT39 y su referencia Joint Operation Graphics es SA17-07. Zambrano et al. (2021) señalan que Picoazá es una parroquia urbana del cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. Ubicada en el lado oeste del cantón Portoviejo, tiene una población de aproximadamente 37590 habitantes, la mayoría de los cuales tienen el comercio como una de sus principales fuentes económicas. Su posición geográfica parte desde Las Tres Cruces y termina en la vía a Crucita.

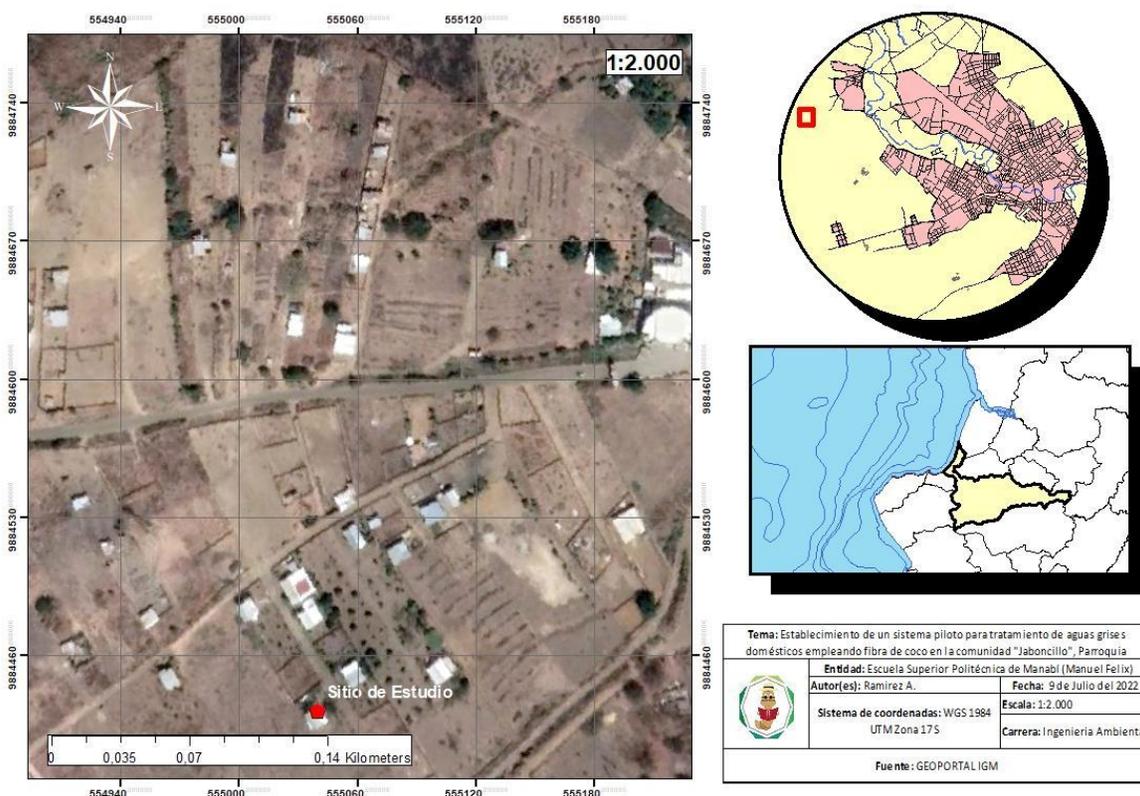


Figura 3.1. Ubicación del Sitio "Jaboncillo"

3.2. DURACIÓN

La presente investigación tuvo un tiempo de duración de nueve meses a partir de la aprobación de la planificación del trabajo de integración curricular.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo cualitativa experimental; cualitativa porque se describió sucesos complejos en su medio natural, con información preferentemente cualitativa, y experimental porque se realizó un estudio en el que habrá manipulación de las variables (Tomala, 2016).

3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.4.1. MÉTODOS

Los métodos que formaron parte de la investigación son analítico, bibliográfico, sintético.

3.4.1.1. MÉTODO ANALÍTICO

El método analítico, es un proceso de investigación empírico – analítico que ayudó a descomponer diferentes partes o elementos para poder hacer la determinación de alguna causa, efecto o naturaleza. El análisis permitió desarrollar y examinar los hechos de la depuración de aguas grises mediante el uso de fibra de coco como medio filtrante para Jaboncillo, dentro del campo de las ciencias naturales y las ciencias sociales (Pacheco, 2022). Además, fue empleado para desarrollar el diseño del filtro además de emplear los cálculos de mediciones y funcionamiento del filtro en aguas grises.

3.4.1.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

Para Renó y Flores (2018) el método bibliográfico es el planteamiento global inicial de cualquier trabajo de investigación que sigue desde la identificación y obtención de la

bibliografía pertinente sobre el tema hasta la presentación de un texto sistematizado. En el método se aplicó la revisión de información secundaria referente a modelos de filtros que emplean fibras naturales como material filtrante.

3.4.1.3. MÉTODO SINTÉTICO

El método sintético es un proceso analítico de razonamiento que busca reconstruir un suceso de forma resumida, valiéndose de los elementos más importantes que tuvieron lugar durante dicho suceso esto representa a nuestra investigación en la probabilidad de la efectividad de nuestro filtro en Jaboncillo a partir de la fibra de coco ya que en otros lugares fue factible para aguas residuales y en ocasiones grises, en otras palabras, es aquel que permite a los seres humanos realizar un resumen de algo que conocemos (Mejía, 2021).

3.4.2. TÉCNICAS

Las técnicas que se emplearon fueron la observación directa relacionada al funcionamiento del filtro de fibra de coco, la georreferenciación de la zona de estudio, Asimismo, se utilizó un análisis detallado estadísticamente de la factibilidad del diseño piloto del filtro a partir de la fibra de coco empleado en Jaboncillo.

3.4.2.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

La observación directa es un método de recolección de datos sobre un individuo, fenómeno o situación particular. Se caracteriza porque el investigador se encuentra en el lugar en el que se desarrolla el hecho sin intervenir ni alterar el ambiente, ya que de lo contrario los datos obtenidos no serían válidos (Cajal, 2021), mediante anotaciones diarias, se analizó los cambios presentados del filtro, y de las aguas residuales o negras que se generó por los comuneros de Jaboncillo, además se tomó en cuenta para que se puede utilizar estas aguas procesadas por el filtro.

3.4.2.2. GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación es la asignación de ubicaciones espaciales a las características del mapa utilizando las coordenadas del mapa. Cada elemento de una capa de mapa tiene una ubicación geográfica específica y una extensión que se puede colocar en el suelo o cerca de él. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en SIG (Resources ArcGis, 2016).

3.4.2.3. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Matos y Olaya (2020) mencionan que se empleó en la estadística descriptiva con distribución de frecuencia en tablas y gráficos para expresar los datos de los resultados.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. POBLACIÓN

La población con la que se trabajó en esta investigación fue la que se encuentra asentada en una sola familia del área de influencia del Cerro de Hojas Jaboncillo de manera aleatoria, durante el primer kilómetro considerado desde la entrada al Parque Arqueológico Cerro Hojas Jaboncillo.

3.5.2. MUESTRA

En la investigación, la muestra que se empleó fue la fibra de coco en el sistema de depuración de las aguas grises de una vivienda asentada en la entrada al Cerro de Hojas Jaboncillo a 600 m desde el Arqueo museo Jaboncillo. Se tomó cada diez días una muestra de aguas grises domésticas, lo cual dio en un total de 7 muestras; 6 muestras filtradas y una muestra cruda (sin filtrar), las cuales fueron enviadas para el análisis respectivo y así se obtuvo valores que permitieron determinar los parámetros, DQO y SST disminuyen, de igual forma se verificó si el material filtrante es eficiente de

depuración de Materia Orgánica. Cabe recalcar que los 90 días de funcionamiento equivalieron a 60 días ya que sábados y domingos no se labora.

3.6. FACTOR EN ESTUDIO

Factor A: Fibra en polvo

- (A1) 30 g
- (A2) 60 g

Factor B: Fibra recortada

- (B1) 30 g
- (B2) 60 g
- (B3) 90 g

Tratamientos. Se presentan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Tratamientos de acuerdo a los factores en estudio Bifactorial

| Tratamientos | Cantidad (g) | Base | Agua |
|--------------|--|---|------|
| T1 (A1-B1) | Fibra en polvo 30g + Fibra recortada 30g | Arena 200g + ripio 100g + piedra chica 100g | 1 L |
| T2 (A1-B2) | Fibra en polvo 30g + Fibra recortada 60g | Arena 200g + ripio 100g + piedra chica 100g | 1 L |
| T3 (A1-B3) | Fibra en polvo 30g + Fibra recortada 90g | Arena 200g + ripio 100g + piedra chica 100g | 1 L |
| T4 (A2-B1) | Fibra en polvo 60g + Fibra recortada 30g | Arena 200g + ripio 100g + piedra chica 100g | 1 L |
| T5 (A2-B2) | Fibra en polvo 60g + Fibra recortada 60g | Arena 200g + ripio 100g + piedra chica 100g | 1 L |
| T6 (A2-B3) | Fibra en polvo 60g + Fibra recortada 90g | Arena 200g + ripio 100g + piedra chica 100g | 1 L |
| Control | ----- | Arena 200g + ripio 100g + piedra chica 100g | 1 L |

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para Pérez et al. (2014) el modelo bifactorial es un tipo de análisis factorial confirmatorio de segundo orden que asume la existencia de un factor general que permitió explicar la covarianza de todas las medidas observadas y de forma simultánea

presentó varios factores de primer orden, fue posible especificar los efectos directos de los factores de primer orden y del factor general (de segundo orden), sin estar necesariamente correlacionados, pero que poseen subdominios que ostentan un valor sustantivo para la investigación, también permitió observar directamente hasta qué punto un ítem o escala (la variable observada) que reflejó un rasgo objetivo común (es decir, un factor general) y, simultáneamente, hasta qué punto puede reflejar un sub rasgo (específico del dominio), proporcionando información sobre todas las cargas de factores y permitió identificar si un factor específico contribuyó de manera única a la predicción de criterios externos.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo Bifactorial de 2x3, dando un resultado de 6 tratamientos, con seis repeticiones, cada repetición representó la toma de muestra de agua gris doméstica de 10 días, obteniendo un total de 36 unidades experimentales más un tratamiento control que fue un filtro convencional sin fibra de coco que ayudó a comparar la eficiencia en la remoción de materia orgánica, entre los tratamientos y el control.

El análisis de varianza (ANOVA) se lo describe en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Anova

| Fuente de variación | Grados de libertad |
|--------------------------|--------------------|
| Factor A Fibra en polvo | 1 |
| Factor B Fibra recortada | 2 |
| Interacción AxB | 2 |
| Error E. | 30 |
| Total | 35 |

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico, el ANOVA se lo realizó en el software Infostat, con una prueba de Tukey al 5%.

3.9. VARIABLES DE ESTUDIOS

3.9.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Filtro a base de fibra de coco

3.9.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Porcentaje de remoción de materia orgánica en aguas grises domésticas

3.10. OPERATIVIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 3.3. Matriz de operativización de variables

| Variable | Tipo de variable | Conceptualization | Definiciones operacionales | Instrumentos | Medición | Indicadores |
|---------------|------------------|---|--|--|-------------------------|---------------------------|
| Fibra de coco | Cualitativa | La fibra de coco es uno de los recursos naturales, que en poco tiempo ha pasado de ser un gran problema medioambiental, a convertirse en una gran oportunidad tanto para la regeneración del medio ambiente como para un gran número de industrias (Sostenibilidad más vida, 2021). | Las fibras son usualmente extraídas humedeciendo el fruto en el agua, del mismo modo la mayoría de las sustancias se descomponen y son usadas como medio filtrante (Gallardo-Sinchiguano, 2017). | La proporción de la fibra de coco en sus dos formas en polvo y recortada | Registro de información | Fibra recortada |
| | | | | | | 30 g |
| | | | | | | 60 g |
| | | | | | | 90 g |
| Filtros | Cuantitativa | Córdoba-Parada <i>et al.</i> (2016) la | Su finalidad es beneficiar al medio | Eficiencia | Observación | Diferentes niveles de los |

| | | | | | | |
|------------------------------|--------------|--|--|-------------------------------------|----------|---|
| | | cantidad de agua que tenemos en la Tierra no aumenta ni disminuye, pero la población humana si ha crecido y con ella la necesidad que tiene de este recurso, además indica que el agua apta para el ser humano | ambiente, mediante la regulación del ciclo del agua, y dentro de sus principales funciones se encuentra su "función química que consiste en regular los nutrientes y descomponer la biomasa (Vergara-Tineo, 2021). | | | filtros. |
| Variable dependiente | | | | | | |
| Remoción de materia orgánica | Cuantitativa | Murcia-Sarmiento <i>et al.</i> (2014) las aguas residuales se presentan sucias y contaminadas puesto que contienen materia orgánica e inorgánica debido a la presencia de ciertos compuestos y surge la necesidad de depurar o tratar estas aguas. | Prado-Espinoza y Degregori-Seeman (2020) la carga de material orgánica, aunque no tiene efectos directos en la salud, afecta de manera crítica el tratamiento del agua potable y puede contribuir a los impactos indirectos en la salud, así como a problemas operativos y estéticos en el tratamiento del agua. | Análisis DQO | Análisis | Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) |
| Aguas grises domésticas | cualitativa | Murcia-Sarmiento <i>et al.</i> (2014) las aguas grises domésticas pueden constituir una fuente hídrica importante en la producción de alimentos a pequeña escala, su utilización para este fin a nivel mundial, es creciente en zonas de escases hídrica | Espinoza-González y Intriago-Arguello (2021) aprovecha la capacidad de retención de sólidos y materia orgánica como un sistema de tratamiento en aguas grises | Termómetro Luxómetro pH metro | Análisis | Sólidos disueltos totales (SDT) Sólidos suspendidos totales (SST) Potencial de hidrogeno (pH) |

3.11. PROCEDIMIENTO

FASE 1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EXISTENTE EN EL AGUA GRIS PROVENIENTE DE LAS ACTIVIDADES DOMÉSTICAS DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD JABONCILLO, PARROQUIA PICOAZÁ

Actividad 1. Georreferenciación y recolección de datos

Se georreferenció el área de estudio mediante en el Sistema de Geoprocesamiento Geodésico, tomando como base lo descrito por Salinas et al. (2018).

Se visitó los hogares de los comuneros de “Jaboncillo”, donde se eligió a un representante para realizarle una encuesta completamente al azar sobre sus actividades diarias en el empleamiento del agua, la cual se adaptó de Coronel y Márquez (2008).

Actividad 2. Procesamiento de Información

Se procesaron las encuestas mediante un análisis estadístico Excel en el que se obtuvo una mejor comprensión de los elementos que inciden en la caracterización de las aguas grises (Segura, 2017).

Actividad 3. Toma de muestra

La toma de muestra se efectuó a las 14h00 siguiendo lo descrito por Castillo y Chimbo (2021), ya que es una hora donde existía mayor actividad y movimiento de las personas, por lo que la concentración de la materia orgánica del agua residual era la adecuada para los tratamientos.

El procedimiento manipulado para el muestreo se efectuó respecto a las Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176 (1998) para lo cual será necesario purgar los envases tres veces antes de recolectar la muestra y evitar contaminación cruzada.

Actividad 4. Análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio se realizaron con una muestra de agua gris doméstica mismos que fueron los descritos por Saltos y Zambrano (2021) en el que se incluyeron sólidos totales, sólidos disueltos, turbidez y pH. El análisis de DBO₅ y DQO se realizó únicamente en la muestra inicial y en el efluente (postratamiento) del filtro seleccionado para la depuración de las aguas de la vivienda.

FASE 2. IMPLEMENTACIÓN A ESCALA PILOTO UN FILTRO BIOLÓGICO A BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS GRISES DOMÉSTICAS DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD JABONCILLO, PARROQUIA PICOAZÁ

Actividad 5. Diseño estadístico

Se realizó un ANOVA DCA (Bifactorial), con la interacción del Factor A (Fibra de coco molida) con dos tratamientos uno de 30 g y 60 g y un Factor B (Fibra recortada) en la que intervendrán 3 tratamientos con 30g, 60g, 90g de concentración por factor. El cuál será aplicado en aguas residuales domésticas (grises), generadas a partir de las actividades de los habitantes de “Jaboncillo”. Este proceso se lo detalló siguiendo el proceso aplicativo del autor (González, 2015).

Actividad 6. Obtención de la fibra de coco

Se realizaron recorridos en mercados para recoger expendio de fibra de coco sobrantes, que comúnmente son desechadas a los basureros de la ciudad, los cuales no tienen costo alguno y se encuentran en gran cantidad. Posteriormente, de manera artesanal se sacó la fibra de coco a través de dos métodos: comprensión y humidificación en su totalidad de la cáscara, dejando así 24 horas para que al día siguiente se extrajo la fibra (mesocarpio), una vez extraída la fibra se dejó secar de 24 a 48 horas a la luz directa del sol hasta que la fibra obtenga un color marrón (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2000).

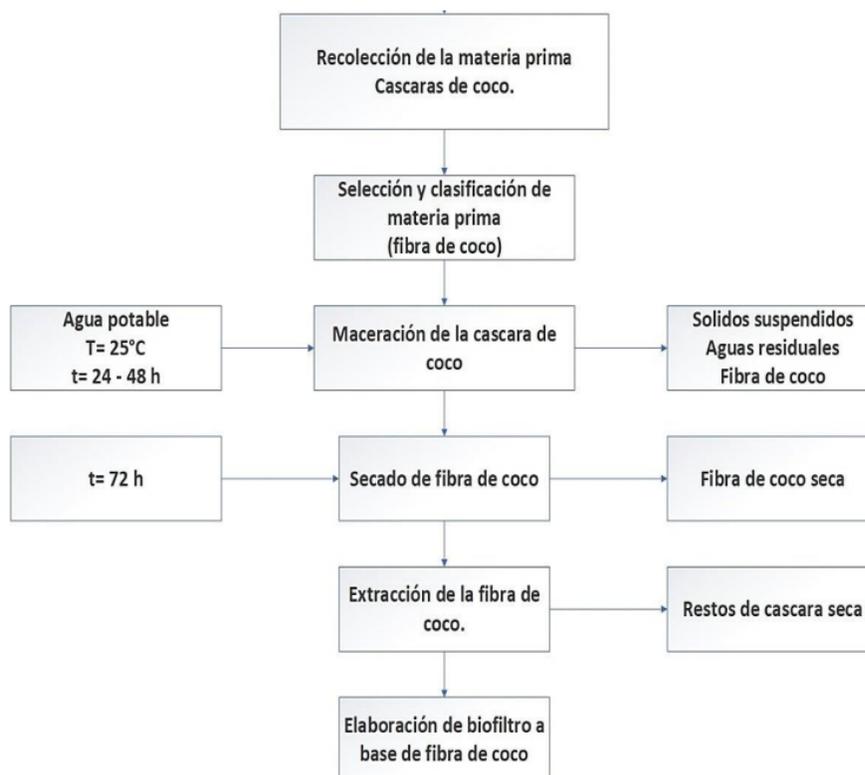


Figura 3.2. Diagrama de flujo de la extracción de fibra de coco para filtro

Fuente: Burgos y Pierre (2021)

Actividad 7. Elaboración del filtro

Para este proceso se necesitó reunir los siguientes elementos (Toapanta, 2018)
Estructura metálica con tubo cuadrado galvanizado de 2 metros de altura y 2 m² de base, formando una parte de soporte donde se apoyaron los 7 filtros

- 7 tubos de PVC con una medida de 80 cm de altura y 10 cm de diámetro.
- 21 uniones y 7 llaves con medidas de ½ pulgada.
- 21 codos de ½ pulgada.
- 7 acople de ½ pulgada.
- 2 tubos de PVC de ½ pulgada.
- 28 tapones machos para PVC de ½.
- 14 Llave de paso de ½.

- 7 llaves de salida de agua.
- Sellador, neplo.

Dimensionamiento del filtro:

Tabla 3.4. Dimensiones del filtro

| Característica | Dimensiones |
|-----------------------------|-------------|
| Alto total del filtro | 80,00 cm |
| Alto del cilindro | 50,00 cm |
| Diámetro del cilindro | 10,00 cm |
| Diámetro orificio de salida | 2,50 cm |

Fuente: Caro (2017).

Criollo-Encarnación (2022) recomienda un sistema de tratamiento de aguas residuales que conste de 3 secciones: área de sedimentación, área de filtración o zona de filtro inorgánico y área de filtro vegetal o zona de filtro orgánico. En la figura que se muestra a continuación se especifican los componentes del sistema completo del funcionamiento del filtro para la fibra de coco y la fibra recortada:

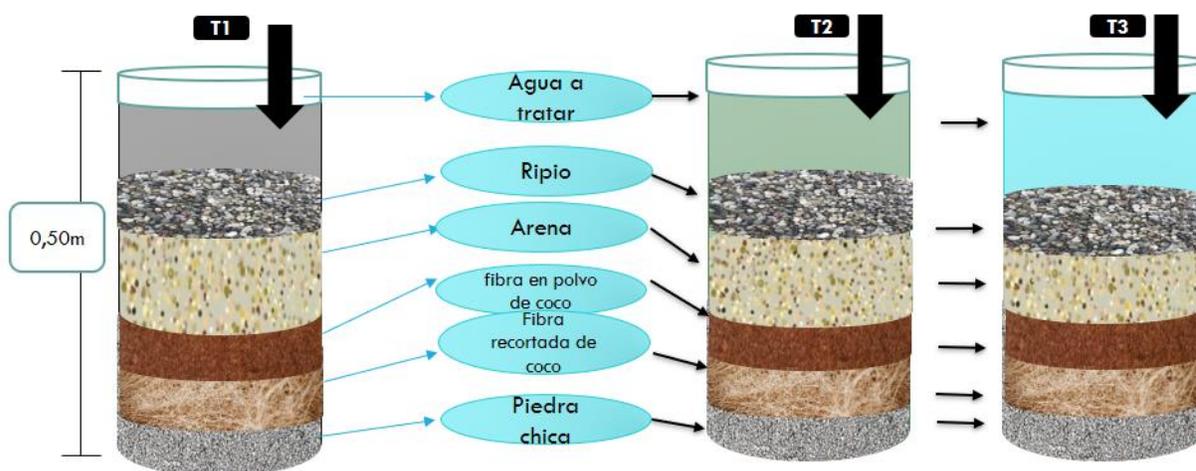


Figura 3.3. Funcionamiento del filtro por interacción de los 3 tratamientos en base a fibra de coco recortada y fibra de coco en polvo.

Fuente: Autor (2022).

Burgos y Pierre (2021) mencionan que, para determinar la eficiencia de disminución de las concentraciones de los parámetros señalados, se utilizan los valores de la caracterización inicial y los valores finales de las mismas, con el fin de sacar un porcentaje de remoción.

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100 \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Ecuación 3.1. Porcentaje de eficiencia

Donde:

Co: Concentración Inicial

Cf: Concentración Final

Actividad 8. Ensamblado

Para el ensamblaje del filtro, se tomará lo dispuesto por Allen (2014)

Las autoras Espinoza y Intriago (2021) proponen el siguiente diseño de filtro:

- Se perforaron 2 tapas ciegas (3 pulgadas) con un diámetro de ½ pulgada, donde colocamos conectores de ½ pulgada a cada tapa, además cortamos el tubo (3 pulgadas) a 25 cm de largo y fue en las tapas ciegas perforadas.
- Se colocó malla encima del conector ubicado en la parte inferior del filtro para dar forma de coladera, encima de la malla se ubicó los diferentes materiales filtrantes, se colocó una malla por cada material.
- Se dispuso un tubo (½ pulgada) de 25 cm en el conector de la parte superior de la tapa ciega y se colocó un codo en el tubo (½ pulgada) ubicado en la parte inferior y encima del tubo (½ pulgada) de 25 cm.
- En la salida de los codos se colocaron tubos (½ pulgada) de 5 cm con cinta teflón para tener mayor impermeabilidad.
- Se colocaron válvulas de ½ pulgada al final cada tubo (½ pulgada) de 5 cm, después debimos colocar otro pedazo de tubo de ½ pulgada en las válvulas.

- Se procedió a colocar un codo en la parte final de cada tubo de $\frac{1}{2}$ pulgada, la salida del codo ubicado en la parte inferior quedo hacia abajo y el codo de la parte superior hacia arriba.
- Para la construcción del recipiente donde se colocó el agua, se cortó un tubo de (4 pulgadas) a 20 cm de largo, luego se perforamos una tapa ciega (4 pulgadas), se tuvo que acoplar un conector de $\frac{1}{2}$ pulgada el mismo que se ensambló al tubo cortado en la tapa.
- Finalmente se acopló el codo ubicado en la parte superior al conector de la tapa ciega (4 pulgadas).

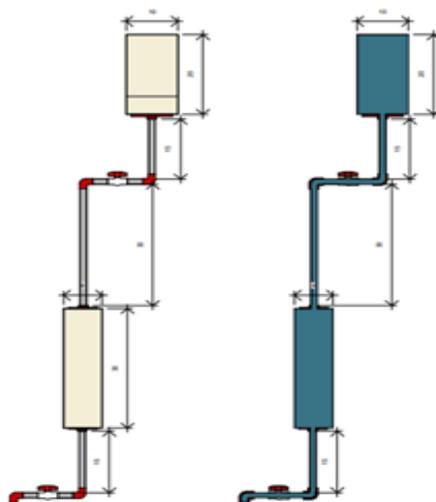


Figura 3.4. Esquema del filtro implementado (a) Filtro con Fibra de coco; (b) Filtro convencional sin Fibra de coco

Actividad 9. Funcionamiento del filtro

Una vez instalado el filtro, su funcionamiento se realizó de la siguiente manera: Se receiptó el agua residual en un recipiente de 20 litros, el cual tuvo la función de abastecer los filtros con 1 L de aguas grises requerido para el experimento, el agua residual salió por el tanque de recepción donde goteo paulatinamente hacia la fibra de coco donde se dio el proceso de filtración, absorbiendo y adsorbiendo los contaminantes que contiene el agua residual (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2010).

El proceso de filtración tuvo una duración de 90 días, en los cuales existe un intervalo de tiempo (10 días), donde se recogió y se llevó al laboratorio las muestras de agua filtrada donde se verifico su funcionamiento y así se obtuvieron valores de referencia, los cuales permitieron llevar un registro de la fibra de coco como material filtrante reduciendo los parámetros antes mencionados y cuál es el punto de saturación del material (Gallardo, 2017).

FASE 3. CÁLCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DEL FILTRO CON EL MEJOR TRATAMIENTO ESTABLECIDO

Actividad 10. Comparación de parámetros y límites máximos

Se analizaron los parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Totales (ST), los cuales están basados en la tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del Libro VI Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, las cuales establecen los límites de los parámetros máximos que se analizarán.

Tabla 3.5. Límites de los parámetros permisibles en descargas de agua dulce

| Parámetros | Límite máximo permisible | Unidades |
|-------------------|---------------------------------|-----------------|
| DBO ₅ | 100 | mg/L |
| DQO | 2050 | mg/L |
| ST | 1600 | mg/L |

Fuente: Gallardo (2018).

Actividad 11. Análisis de costo

Para la determinación del filtro, se aplicó lo dispuesto por Saltos Anchundia y Zambrano (2021); es decir, aquel tratamiento que demostró ser más eficiente fue al que se le estableció el costo del filtro a implementar en la vivienda, aplicando la fórmula empleada por Villares (2022):

$$CP = (M_p + M_{od} + G_p) \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Ecuación 3.2. Costo de producción

Dónde:

CP: Costo de producción

Mp= Materia prima

Mod= Mano de obra directa

Gp= Gasto de producción

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EXISTENTE EN EL AGUA GRIS PROVENIENTE DE LAS ACTIVIDADES DOMÉSTICAS DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD JABONCILLO, PARROQUIA PICOAZÁ

Se realizaron 2 visitas al área de estudio, la primera fue de reconocimiento de la zona, se tomó de manera aleatoria la vivienda en donde se realizó el estudio y la segunda visita que se efectuó fue para la aplicación de encuestas, obteniendo los siguientes resultados:

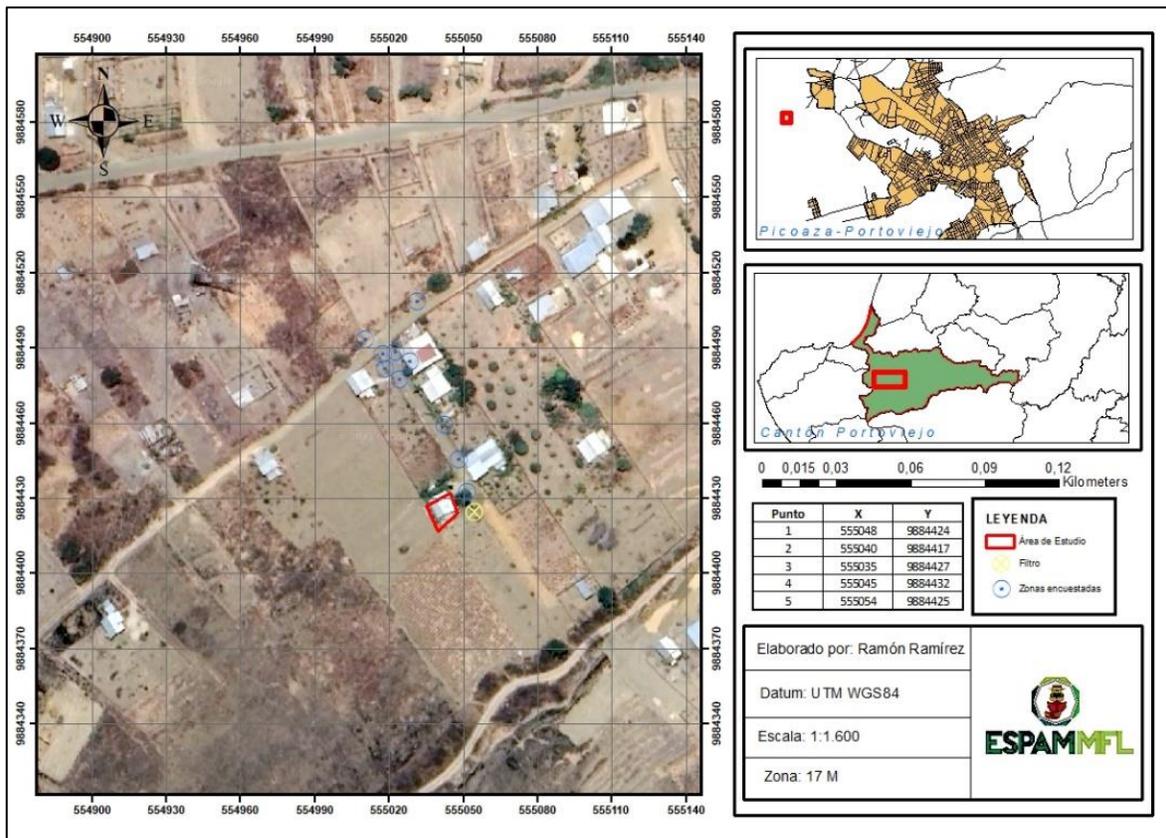


Figura 4.1. Mapa de ubicación de viviendas donde se implementó el filtro

La vivienda está conformada por 4 personas, padre, madre y dos hijos, el hogar es de construcción mixta (madera-cemento), donde el acceso al agua es escaso y no cuentan con el servicio de agua potable, alcantarillado y vías asfaltadas.

De igual manera se presentan los datos de la encuesta aplicada:

1) El agua residual tratada, es recibida en condiciones salubres en su comunidad

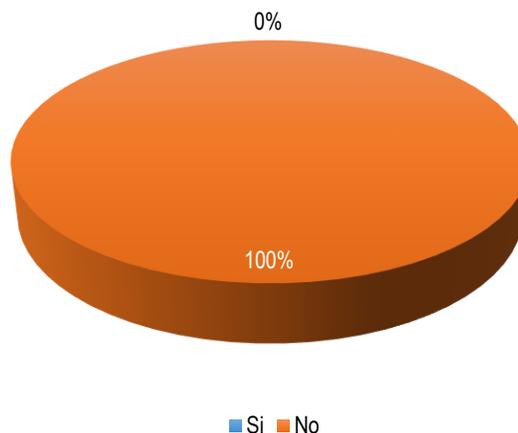


Figura 4.2. El agua residual en la comunidad en qué condiciones es recibida

El 100% de los encuestados concuerdan en que el agua residual tratada, no es de calidad salubre para la utilización en actividades agrícolas de los habitantes de Jaboncillo. Situación que coincide con lo expuesto por Alvarado y Manayay (2020), en cuyo estudio se evidenció que las aguas grises provenientes de las actividades domésticas no son vistas de buena manera para ser usadas de forma directa.

2) Cree usted que el tratamiento de aguas residuales para el reúso, le dará un producto de calidad

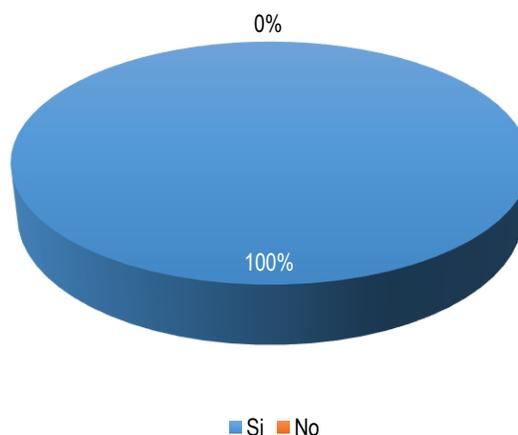


Figura 4.3. Las aguas residuales para reúso pueden ser un producto de calidad

El 100% de los comuneros consideran que el agua residual sometida a tratamiento puede emplearse nuevamente en un producto de calidad de las actividades agrícolas de aprovechamiento. Porcentaje superior al obtenido por Gutiérrez (2021), puesto que, en su investigación, el 84% de encuestados afirma que, tratando el agua residual doméstica, se la puede reusar disminuyendo así el desperdicio de agua.

3) Tiene usted confianza de usar el agua residual tratada

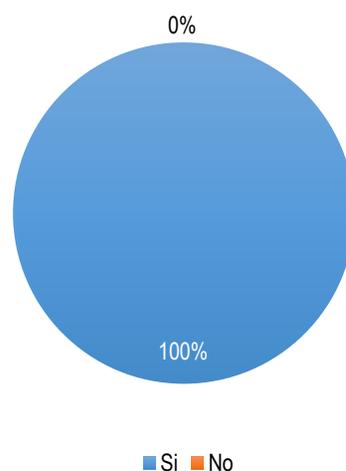


Figura 4.4. Mantiene usted confianza para usar el agua residual tratada

El 100% de las personas de Jaboncillo mantiene confianza en que el agua residual tratada puede ser reaprovechada. Criterio que es compartido en la investigación de Valencia (2003), en la que se establece que el reuso de aguas residuales tratadas es una de las alternativas para mejorar la confianza ciudadana en el mejoramiento de los servicios básicos.

4) Cree usted que el uso de aguas residuales tratadas puede implicar riesgos para sus cultivos

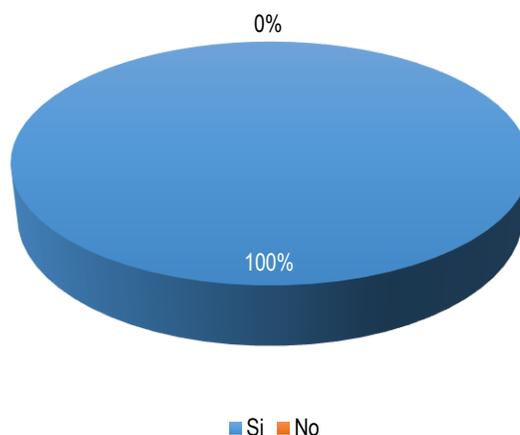


Figura 4.5. El uso de aguas residuales tratadas implicaría riesgos para sus cultivos

El 100% considera que las aguas residuales tratadas de alguna manera pueden afectar el desarrollo de los cultivos. Aunque en gran medida es una práctica oculta y sancionada en muchos países, muchos agricultores, especialmente en áreas urbanas, utilizan aguas residuales porque, además de los beneficios de usarlas, son gratuitas y abundantes. incluso en la estación seca (Silva, et al., 2008).

5) Cree usted que el tratamiento de aguas residuales trae beneficios al medio ambiente

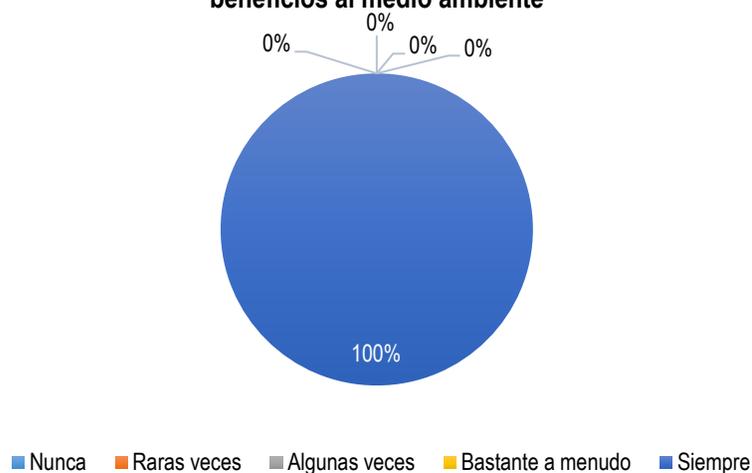


Figura 4.6. El tratamiento de aguas residuales aporte beneficios al medio ambiente

El 100% ha considerado que usar el agua residual traerá beneficios al medio ambiente siempre y cuando sea sometida a proceso de depuración de contaminantes. Esta situación concuerda con lo expuesto por Clemente (2022), que expone que los sistemas de las tecnologías apropiadas como las plantas de tratamiento de aguas residuales a escalas pilotos o a gran escala mitigan positivamente los impactos a favor del medio ambiente.

6) Cree usted que el tratamiento de aguas residuales trae beneficios de salud a su comunidad



Figura 4.7. Las aguas residuales traen beneficios de salud a los comuneros de Jaboncillo

El 100% siempre considera que el agua residual traiga beneficios de salud en Jaboncillo. Alcca (2022) considera que el agua residual tratada que se reutiliza en otros procesos es efectiva en la reducción de contaminantes.

7) Cree usted que el tratamiento de aguas residuales ayuda a preservar los recursos naturales

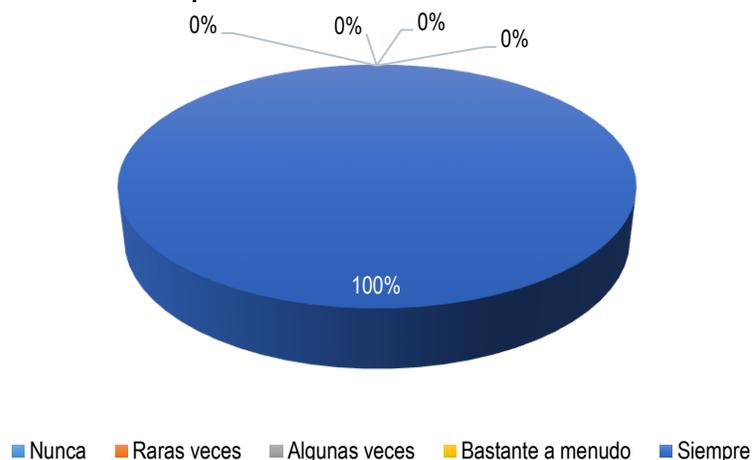


Figura 4.8. El tratamiento de aguas residuales permite preservar los recursos naturales

El 100% de los encuestados consideran que el tratamiento de aguas residuales que ayudaría a preservar los recursos naturales, en especial el recurso agua. Muñoz (2020) establece que las acciones de tratamiento velan por la preservación del medio ambiente, protegiendo la naturaleza, tratando de generar el menor impacto posible.

8) Usted cree que el reúso del agua residual tratada disminuya la contaminación en la zona

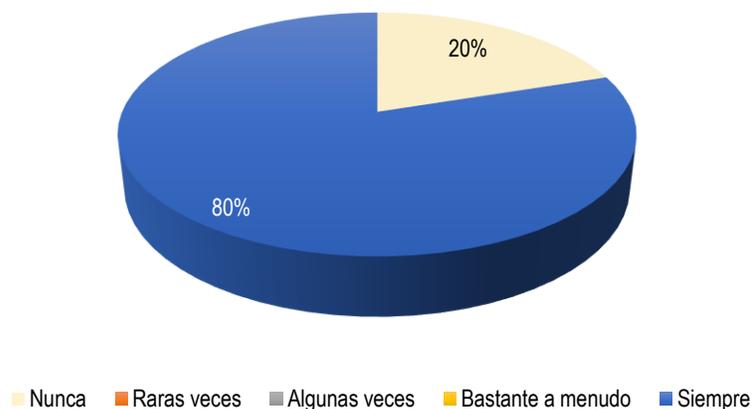


Figura 4.9. El reúso de agua residual tratada aportaría a la disminución de contaminación en Jaboncillo

El 80% de los encuestados consideran que el reúso del agua residual tratada disminuiría la contaminación en Jaboncillo, mientras que un 20% que nunca reduciría

la contaminación en la comunidad. Agüero (2019) expresa que los tratamientos de agua residual doméstica disminuyen los olores, así como los impactos al agua y suelo en las comunidades donde se establezcan.

9) Está de acuerdo en usar las agua residuales tratadas para fines agrícolas

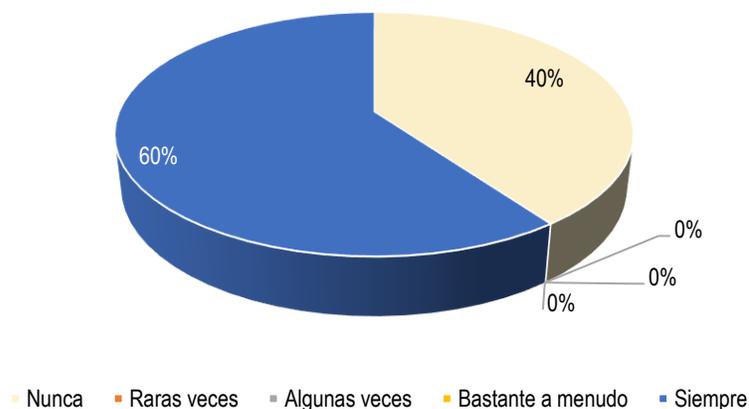


Figura 4.10. Está de acuerdo en el uso de aguas residuales tratadas para actividad agrícola

El 60% de los encuestados está de acuerdo en reusar el agua residual tratada para fines agrícolas, el 40% restante no está de acuerdo. Debido a la disponibilidad limitada de agua limpia, las aguas residuales tratadas son un recurso importante para reducir la demanda de agua especialmente en el sector agrícola (Echeverría et al., 2019).

10) Está de acuerdo en reusar el agua residual tratada para lavar, bañarse y limpiar

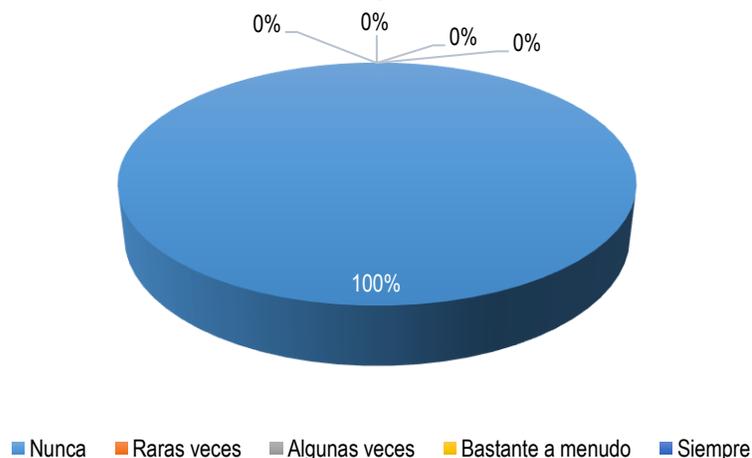


Figura 4.11. Está de acuerdo en reusar el agua residual tratada para lavar, bañarse o limpiar

El 100% de los encuestados no está de acuerdo en reusar el agua para actividades de lavado, limpieza personal y de hogar. Esto debido a que el agua residual doméstica presenta coliformes o similares que pueden causar contaminación cruzada en el suelo (González et al., 2020).

11) Cree que los pobladores de su localidad estén de acuerdo con la reutilización de aguas residuales con fines agrícolas

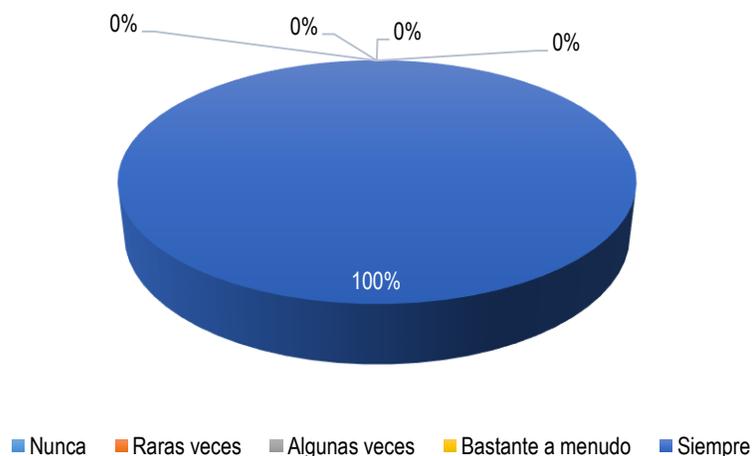


Figura 4.12. Considera que los demás pobladores estarían de acuerdo en la reutilización de aguas residuales para actividad agrícola

El 100% siempre ha considerado que los pobladores concordaron en reutilizar el agua tratada residual en sus cultivos. Este mismo punto de vista lo expresa (Atoche e Hilaquita, 2021), ya que considera que las aguas grises domésticas pueden reutilizarse para los cultivos debido a la carga orgánica que poseen.

12) Está de acuerdo que el reúso de las aguas residuales tratadas, promueven nuevas oportunidades a su comunidad



Figura 4.13. Los reúsos de aguas residuales tratadas promueven nuevas oportunidades en la comunidad

El 100% de los encuestados están de acuerdo que el reúso de aguas residuales sometidas a un proceso de tratamiento, pueden promover nuevas oportunidades en Jaboncillo. Bajo este contexto, Loy (2019), considera que con un correcto manejo de las aguas residuales domésticas que se generan en viviendas rurales, se le dará un impulso a la actividad agrícola.

13) Tiene problemas relacionados con disponibilidad del agua para sus riesgos

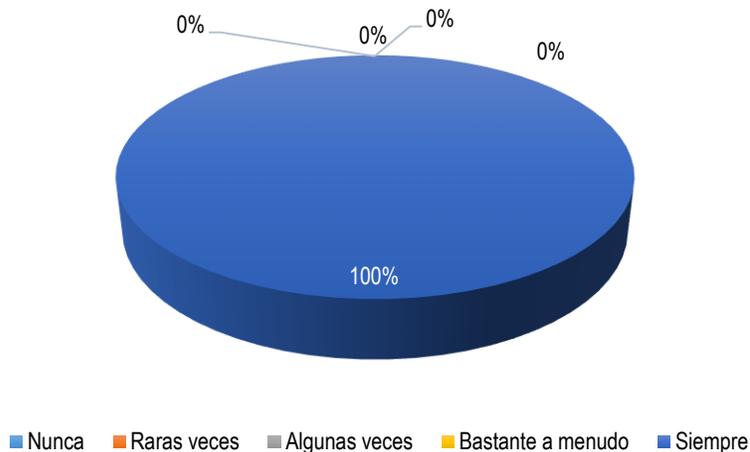


Figura 4.14. Tiene problemas relacionados con disponibilidad del agua para riegos de cultivos

El 100% de los comuneros de Jaboncillo afirman que tienen problemas de disponibilidad del agua para sus sembríos. Una de las formas de reducir el impacto del estrés hídrico global es reutilizar las aguas residuales de las actividades humanas cotidianas, incluida las del uso doméstico del agua, agricultura, la industria, etc., (Villa, 2020).

14) El agua para el consumo humano en la zona siempre está disponible

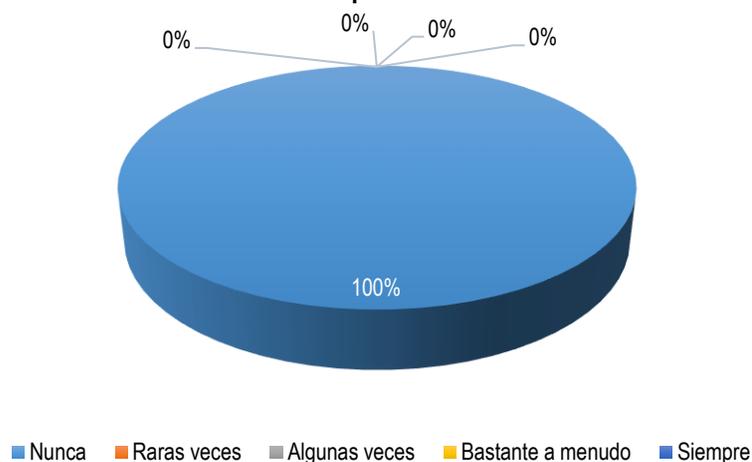


Figura 4.15. El agua de consumo humano se encuentra siempre disponible

El 100% menciona que nunca el agua de consumo humano está disponible en la comunidad, por lo que tienen que abastecerse mediante tanqueros o recolectando de la lluvia en temporadas, puesto que, al ser un servicio ambiental, no se le ha dado la prioridad y cuidado que necesita, situación que coincide con lo expuesto por Faviel, Infante y Molina (2019), quienes consideran que la falta de percepción de los servicios ambientales afecta los comportamientos de las comunidades rurales.

15) Cree usted que las condiciones de cambios climáticos afecten a la disposición del agua

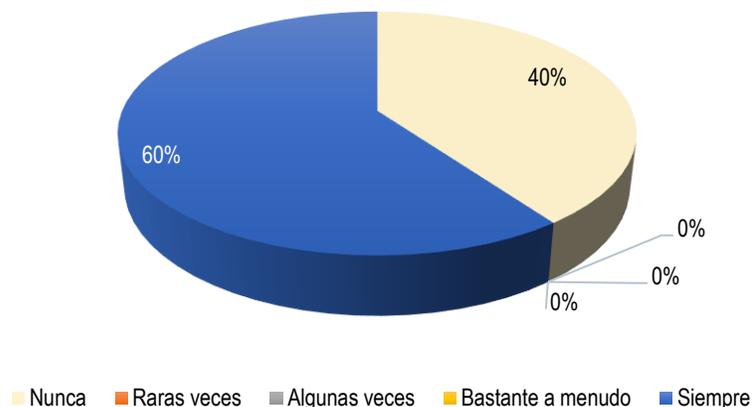


Figura 4.16. Considera que las condiciones de cambios climáticos afectan a la disposición del agua

El 60% de los encuestados mencionan que, si consideran que las condiciones del cambio climático afectan a la disponibilidad del agua, mientras que el 40% considera que nunca afectaría. Sosa (2020) menciona que las medidas implementadas no han logrado generar resiliencia contra los efectos del cambio climático, y se espera que aumente la frecuencia e intensidad de los eventos extremos como la sequía, la cual es la mayor preocupación, en áreas como Jaboncillo.

16) Tienen la necesidad de reservar agua para su posterior uso.

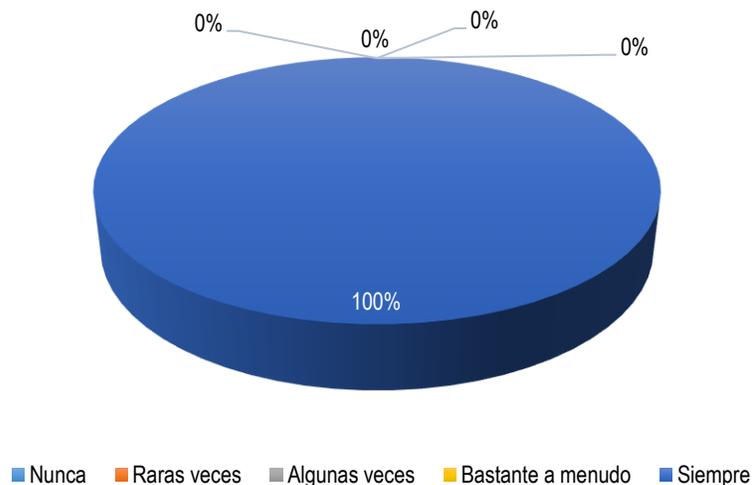


Figura 4.17. Mantiene reservas de agua para su posterior uso

El 100% de los habitantes dan a conocer que mantienen la necesidad de reservar el agua en tanques para su posterior uso. Recolectar y almacenar agua de lluvia durante un período de tiempo más largo, recolectarla o almacenarla en tanques adecuados, proporcionará usos alternativos en el hogar, para el riego de inodoros, la casa (limpieza) y el jardín (Challapa, 2022).

17) Usted escucha constantemente información sobre el reúso de aguas residuales

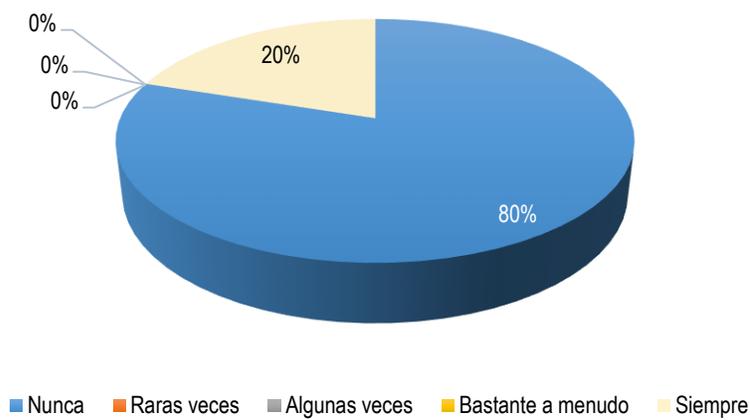


Figura 4.18. Escucha constantemente información sobre reúso de aguas residuales

El 80% de los encuestados mencionan que no suelen escuchar información sobre el reúso de aguas residuales, el 20% responde a que sí suele escuchar dicha información. Datos que coinciden con los de Cavero (2021), puesto que en su investigación el 99.33% de la población desconoce sobre el reúso del agua residual tratada.

18) Usted recibe frecuentemente información sobre el reúso de aguas residuales

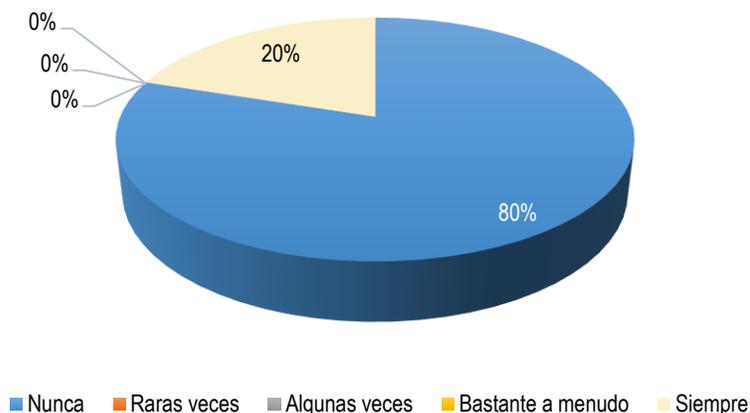


Figura 4.19. Recibe con frecuencia información sobre el reúso de aguas residuales

El 80% de los encuestados dio a conocer que no recibe frecuentemente información sobre el reúso de aguas residuales, mientras que el 20% menciona que los recibe. Información que difiere de la obtenida por Tampe (2022), en cuya investigación se evidenció que más del 43% de los encuestados sabían de la existencia de la planta de tratamiento de aguas servidas.

19) Usted observa constantemente información sobre el reúso de aguas residuales

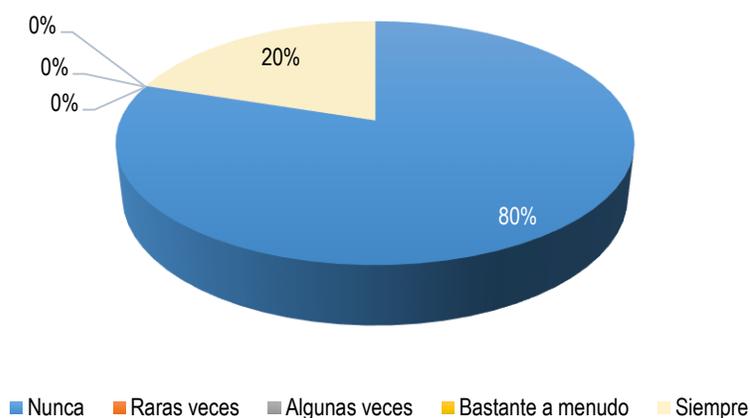


Figura 4.20. Con frecuencia escucha o observa información sobre el reúso de aguas residuales

El 80% de los encuestados menciona que nunca observa información sobre el reúso de aguas residuales, mientras que el 20% restante menciona que si escucha u observa. La educación sobre el uso del agua es importante y se necesitan programas de investigación para abordar estos problemas con más frecuencia, por tanto, en la investigación de López, Marín y Célis (2023) los encuestados acordaron (85 %) centrarse en el uso local de los ecosistemas, como los humedales, para limpiar los recursos que rara vez se usan.



Figura 4.21. Conociendo que el agua tratada proveniente de un proceso de filtración segura la usaría con frecuencia

El 100% de los encuestados asegura que si emplearía el agua proveniente de una planta de tratamiento residual segura. Acuña (2020) indica que entre las tecnologías más utilizadas actualmente para el aprovechamiento de aguas residuales destacan los sistemas de riego por los aportes de macronutrientes a los suelos permitiendo un mayor desarrollo de las plantas.

Tabla 4.1. Resultados de agua gris doméstica sin tratamiento

| Parámetro | Unidad | Método | Valor |
|-------------------------|---------------------|-----------------|-------|
| pH | UpH | Potenciométrico | 5,1 |
| Temperatura | °C | Potenciométrico | 10,8 |
| Conductividad eléctrica | mS/cm | Potenciométrico | 3,51 |
| DQO | mg/L O ₂ | Fotométrico | 11200 |
| DBO ₅ | mg/L O ₂ | Respirométrico | 3000 |

Fuente: Autor (2023)

Como se observa, el agua gris doméstica sin tratamiento generada por actividades diarias de la comunidad Jaboncillo presentó las siguientes características: pH inicial de 5,1 UpH que indica tendencia ácida, Criollo (2022) menciona que este parámetro permite determinar la solubilidad del agua y la biodisponibilidad de sustancias químicas como nutrientes. La temperatura tuvo un valor de 10,8°C debido a que la muestra se trasladó desde el punto de muestreo hasta el laboratorio, mientras que la conductividad eléctrica fue de 3,51 mS/cm, lo que permite que se transmita corriente eléctrica en presencia de sales en el agua (Crombet et al., 2013).

La DQO estuvo valorada en 11200 mg/L O₂, valores altos que si no se tratan convenientemente pueden provocar un problema severo de eutrofización dando lugar a la muerte de toda la vida animal en el agua (Betanco, 2012). La DBO₅ corresponde 3000 mg/L O₂, cabe destacar que los valores de la DQO siempre serán superiores a los valores de DBO, siendo evidente que la DQO también recoge a los contaminantes inorgánicos, determinando que la DBO es proporcional al nivel de contaminación (Vargas et al., 2020).

4.2. IMPLEMENTACIÓN A ESCALA PILOTO DE UN FILTRO BIOLÓGICO A BASE DE FIBRA DE COCO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS GRISES DOMÉSTICAS DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD JABONCILLO, PARROQUIA PICOAZÁ

Se recolectaron 5 kg de fibra de coco (estopa) en plazas comerciales del cantón Pedernales (Anexo 5), también se construyó el filtro en base a la fibra de coco (Anexo 6). A continuación, se presentan los registros de los parámetros monitoreados en relación a los tratamientos y repeticiones para el desarrollo del Análisis estadístico DCA:

Tabla 4.2. Resumen de registro de datos de parámetros monitoreados

| Tratamientos | Repeticiones | Turbidez | pH | SDT | SST |
|--------------|--------------|----------|------|------|--------|
| T1(A1-B1) | R1 | 190.00 | 7.68 | 1.20 | 0.0099 |
| T2(A1-B2) | R1 | 188.00 | 8.05 | 1.15 | 0.0008 |
| T3(A1-B3) | R1 | 177.00 | 7.21 | 1.40 | 0.0002 |
| T4(A2-B1) | R1 | 193.00 | 7.35 | 1.24 | 0.0005 |
| T5(A2-B2) | R1 | 176.00 | 6.91 | 1.45 | 0.0005 |
| T6(A2-B3) | R1 | 178.00 | 6.98 | 1.24 | 0.0008 |
| T1(A1-B1) | R2 | 198.00 | 7.63 | 1.22 | 0.0008 |
| T2(A1-B2) | R2 | 191.00 | 7.92 | 1.17 | 0.0005 |
| T3(A1-B3) | R2 | 181.00 | 7.26 | 1.32 | 0.0098 |
| T4(A2-B1) | R2 | 195.00 | 7.33 | 1.24 | 0.0102 |
| T5(A2-B2) | R2 | 176.00 | 6.98 | 1.12 | 0.0200 |
| T6(A2-B3) | R2 | 182.00 | 7.01 | 1.24 | 0.0303 |
| T1(A1-B1) | R3 | 183.00 | 7.80 | 1.23 | 0.0023 |
| T2(A1-B2) | R3 | 178.00 | 8.01 | 1.15 | 0.0013 |
| T3(A1-B3) | R3 | 177.00 | 7.31 | 1.40 | 0.0003 |
| T4(A2-B1) | R3 | 191.00 | 6.91 | 1.45 | 0.0007 |
| T5(A2-B2) | R3 | 156.00 | 6.82 | 1.41 | 0.0004 |
| T6(A2-B3) | R3 | 180.00 | 6.98 | 1.32 | 0.0007 |
| T1(A1-B1) | R4 | 224.00 | 8.61 | 1.55 | 0.0016 |
| T2(A1-B2) | R4 | 191.00 | 7.92 | 1.48 | 0.0003 |
| T3(A1-B3) | R4 | 182.00 | 7.48 | 1.32 | 0.0006 |
| T4(A2-B1) | R4 | 193.00 | 7.35 | 1.24 | 0.0010 |
| T5(A2-B2) | R4 | 188.00 | 7.01 | 1.45 | 0.0089 |
| T6(A2-B3) | R4 | 178.00 | 6.93 | 1.28 | 0.0008 |
| T1(A1-B1) | R5 | 91.00 | 7.50 | 0.85 | 0.0021 |
| T2(A1-B2) | R5 | 87.00 | 7.48 | 0.93 | 0.0011 |
| T3(A1-B3) | R5 | 62.00 | 7.48 | 0.93 | 0.0002 |
| T4(A2-B1) | R5 | 84.00 | 7.35 | 0.97 | 0.0015 |
| T5(A2-B2) | R5 | 64.00 | 7.31 | 0.96 | 0.0009 |
| T6(A2-B3) | R5 | 47.00 | 7.28 | 1.31 | 0.0011 |
| T1(A1-B1) | R6 | 104.00 | 7.48 | 0.93 | 0.0002 |
| T2(A1-B2) | R6 | 60.00 | 7.50 | 0.87 | 0.0001 |
| T3(A1-B3) | R6 | 95.00 | 7.63 | 0.94 | 0.0093 |
| T4(A2-B1) | R6 | 83.00 | 7.63 | 0.79 | 0.0102 |
| T5(A2-B2) | R6 | 34.87 | 7.62 | 0.58 | 0.0104 |
| T6(A2-B3) | R6 | 56.00 | 7.52 | 0.82 | 0.0004 |

Fuente: Autor (2023)

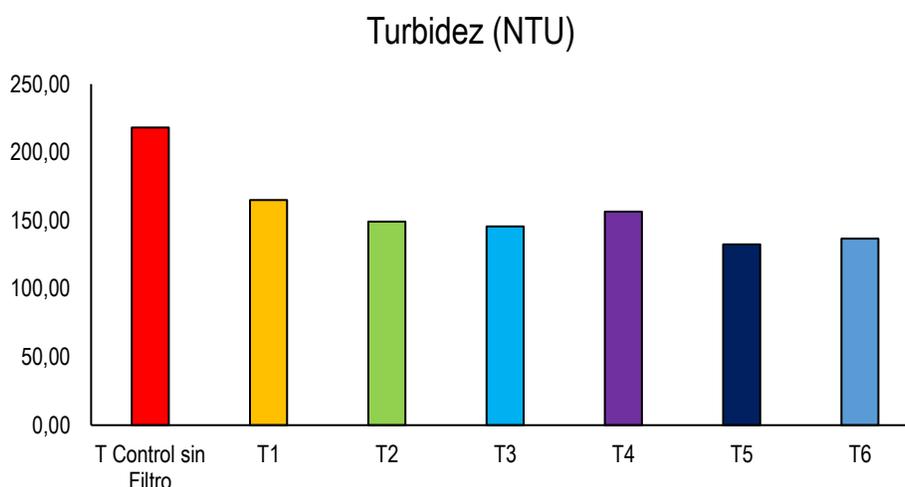
Se realizó un resumen promedio de los tratamientos en relación a los parámetros obtenidos:

Tabla 4.3. Resumen promedio de valores obtenidos por parámetros

| Tratamientos | Turbidez (NTU) | pH | SDT (mg/L) | SST (mg/L) |
|----------------------|----------------|------|------------|------------|
| T Control sin Filtro | 218.17 | 8.74 | 0.76 | 0.01 |
| T1 | 165.00 | 7.78 | 1.16 | 0.00 |
| T2 | 149.17 | 7.81 | 1.13 | 0.00 |
| T3 | 145.67 | 7.40 | 1.22 | 0.00 |
| T4 | 156.50 | 7.32 | 1.16 | 0.00 |
| T5 | 132.48 | 7.11 | 1.16 | 0.01 |
| T6 | 136.83 | 7.12 | 1.20 | 0.01 |

Fuente: Autor (2023)

Se muestran las gráficas promedio del agua Gris Jaboncillo con los tratamientos realizados:

**Figura 4.22.** Promedio de Turbidez de acuerdo a los 6 tratamientos en Jaboncillo

La turbidez da a conocer que el agua sin tratar muestra mayor turbidez que la que se sometió al proceso de filtración: el tratamiento que muestra mayor nivel de turbidez es el 1 y 4 en un rango de 150 a 170 NTU, el mejor filtro sería el tratamiento 5 con 132,48 NTU, los demás se mantienen en rangos similares de 140 a 150 NTU. Los resultados de la turbidez en esta investigación son superiores a los obtenidos por Tarón, Guzmán y Barros () en cuya investigación se obtuvieron valores para este parámetro de 95 NTU.

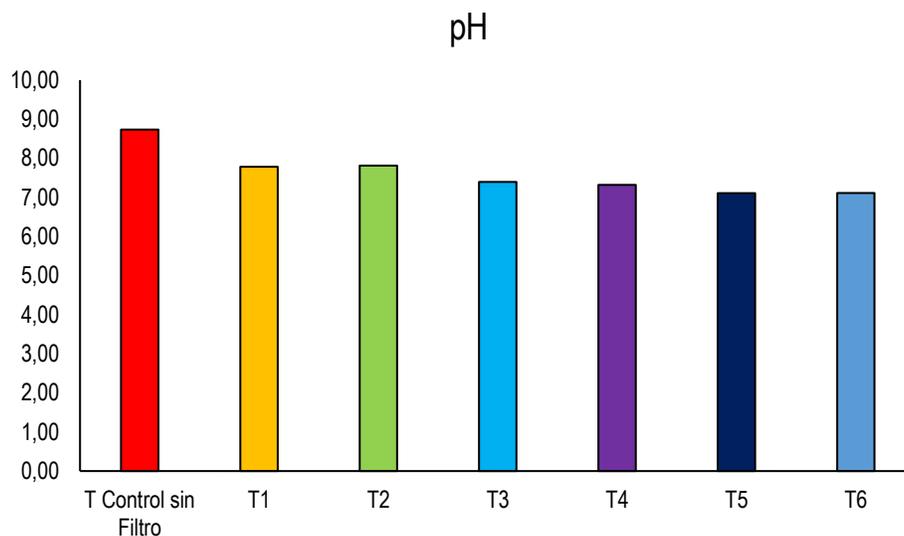


Figura 4.23. Promedio de pH de acuerdo a los 6 tratamientos en Jaboncillo

El pH reflejó que el agua gris sin filtro presenta mayor pH es decir tiene mayor insolubilidad, el tratamiento 1 y 2 presentan mayor pH en un rango de 7,75 a 7,80 los demás tratamientos mantienen un rango menor entre 7,10 a 7,50 siendo más óptimos para aprovechamiento en la reutilización del agua. Respecto al pH, los valores reportados en este trabajo coinciden con los obtenidos por Galindo y Pow Sang (2022) que reportaron valores entre 6,9 a 8,1.

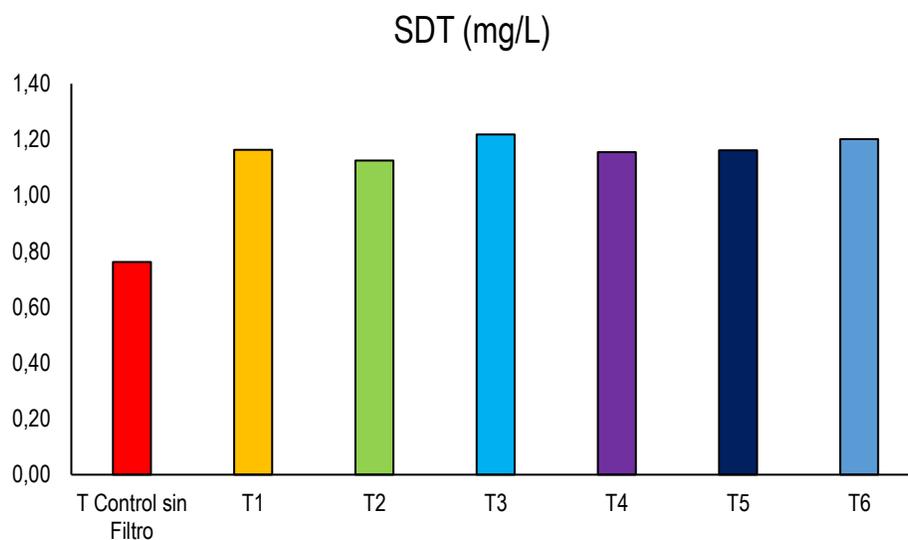


Figura 4.24. Promedio de Sólidos Disueltos Totales de acuerdo a los 6 tratamientos en Jaboncillo

Los Sólidos Disueltos Totales en el agua de tratamiento de control sin filtro presenta menor cantidad (0,76 SDT mg/L) esto es debido a que, al pasar por el tratamiento del filtro, la fibra de coco presenta mayor cantidad de materia orgánica. Lo que representa que el tratamiento tres es el mayor con 1,22 mg/L de SDT, los demás tratamientos mantienen rangos menores similares de 1,10 a 1,20 mg/L. Resultados que difieren con los obtenidos por García (2020) en cuya investigación, los valores de SDT fueron entre 350 a 680 mg/L.

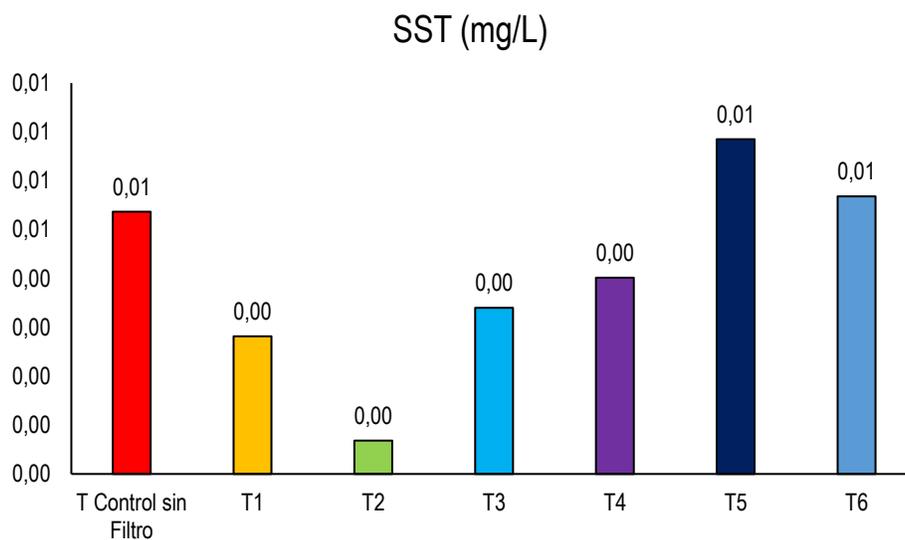


Figura 4.25. Promedio de Sólidos Suspendedos Totales de acuerdo a los 6 tratamientos en Jaboncillo

Los Sólidos Suspendedos Totales en el tratamiento sin control es de 0,01 mg/L, el tratamiento 5 y 6 mantienen el 0,01 mientras que el 1, 2, 3 y 4 representan el 0,001 mg/L. Estos datos difieren con los de Villafranca (2021), quien obtuvo valores de 18 a 20 mg/L en sus filtros implementados.

A continuación, se presenta el DCA por tratamiento de acuerdo a cada parámetro valorado:

Tabla 4.4. ANOVA por tratamientos Turbidez

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------------|-----------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 4396.49 | 5 | 879.3 | 0.25 | < |
| Tratamientos | 4396.49 | 5 | 879.3 | 0.25 | 0.9371 |
| Error | 106003.36 | 30 | 3533.45 | | |
| Total | 110399.85 | 35 | | | |

El parámetro de turbidez en relación a los 6 tratamientos en los que se demostró que no se difiere significativamente en ningún tratamiento, por lo que se entiende que los tratamientos en relación de la fibra de coco y la fibra cortada de coco se mantienen similares. La presencia de turbidez alta en los tratamientos se debe a la presencia orgánica de la fibra de los subproductos del coco empleados para el tratamiento filtrante (Gallardo, 2017; López, 2022). Para efectivizar este proceso se utiliza filtros a base de fibra de coco para que la partícula de menor tamaño presente en el agua residual sea retenida efectivamente (Navas, 2017) .

Tabla 4.5. Prueba Tukey por tratamiento Turbidez al 95% de confianza

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|-------|---|
| T1(A1-B1) | 165.00 | 6 | 24.27 | A |
| T4(A2-B1) | 156.50 | 6 | 24.27 | A |
| T2(A1-B2) | 149.17 | 6 | 24.27 | A |
| T3(A1-B3) | 145.67 | 6 | 24.27 | A |
| T6(A2-B3) | 136.83 | 6 | 24.27 | A |
| T5(A2-B2) | 132.48 | 6 | 24.27 | A |

En referencia a la prueba Tukey de turbidez se muestra que no existe diferencia significativa en ninguno de los tratamientos, mencionan Gutiérrez y Vara (2008) que a mayor turbiedad, mayor particulado en suspensión en el agua, lo que aumenta la posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos (Romaina, 2012), por ende el filtro permite controlar la turbiedad en los diferentes tratamientos de fibra en polvo y fibra cortada de coco (Benitez et al., 2002).

Tabla 4.6. ANOVA por tratamientos pH

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 2,92 | 5 | 0,58 | 7,49 | 0,0001 |
| Tratamientos | 2,92 | 5 | 0,58 | 7,49 | 0,0001 |
| Error | 2,34 | 30 | 0,58 | | |
| Total | 5,26 | 35 | | | |

El parámetro de pH en relación a los tratamientos empleados muestra una diferencia altamente significativa es decir que existe diferencia entre las dosis aplicadas entre la fibra de coco y la fibra cortada de coco, los autores Camacho (2007) y Marín et al. (2018) señalan que el pH del agua se muestra en una escala de 0 a 14, con 7 considerado neutro. Gutiérrez y Vara (2008) dan a conocer que un pH inferior a 7 es considerado ácido y que es lo típico.

Tabla 4.7. Prueba Tukey por tratamiento pH al 95% de confianza

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | | | |
|--------------|--------|---|------|---|---|---|
| T2(A1-B2) | 7,81 | 6 | 0,11 | A | | |
| T1(A1-B1) | 7,78 | 6 | 0,11 | A | B | |
| T3(A1-B3) | 7,4 | 6 | 0,11 | A | B | C |
| T4(A2-B1) | 7,32 | 6 | 0,11 | | B | C |
| T6(A2-B3) | 7,12 | 6 | 0,11 | | | C |
| T5(A2-B2) | 7,11 | 6 | 0,11 | | | C |

Como se observa, el pH refleja según la prueba Tukey tres diferentes grupos de los tratamientos aplicados, formando los grupos A, B y C; fibra en polvo (30, 60 y 90 g) y fibra cortada de coco (30, 60 y 90 g) la fibra en polvo los tres tratamientos de 30, 60 y 90 g son similares, asimismo, el tratamiento 1, tratamiento 3 y tratamiento 4 son similares formando el segundo grupo, el tercer grupo maneja similitud con el tratamiento 3, 4, 5 y 6 conjuntamente formando el tercer grupo. El tratamiento 2 muestra una pequeña diferencia entre el tratamiento 1 y 2, también el tratamiento 5 y 6 muestra diferencia entre 1, 2, 3 y 4. Según Saavedra (2006); Beltrano y Gímenez (2015); Ancín (2011) estos resultados promedios de pH demuestran que el agua es óptima para el desarrollo de la vida, y apropiada para los cultivos.

Tabla 4.8. ANOVA por tratamientos SDT

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 0,03 | 5 | 0,01 | 0,11 | 0,9891 |
| Tratamientos | 0,03 | 5 | 0,01 | 0,11 | 0,9891 |
| Error | 1,86 | 30 | 0,06 | | |
| Total | 1,89 | 35 | | | |

Los SDT por tratamientos reflejan un valor de significancia igual es decir de la remoción de SDT es similar en la fibra en polvo (30, 60 y 90 g) y fibra cortada de coco (30, 60 y 90 g). Cabe mencionar que la existencia de sólidos en el agua puede ocasionar inconvenientes con sedimentos, obstrucción de tuberías, sobrecarga de sustancias inorgánicas del suelo en el caso de aprovechamiento de cultivos (PTAR La Chira, 2022; Cerezo, 2011; Ramos, 2008).

Tabla 4.9. Prueba Tukey por tratamiento SDT al 95% de confianza

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| T3(A1-B3) | 1,22 | 6 | 0,10 | A |
| T6(A2-B3) | 1,20 | 6 | 0,10 | A |
| T1(A1-B1) | 1,16 | 6 | 0,10 | A |
| T5(A2-B2) | 1,16 | 6 | 0,10 | A |
| T4(A2-B1) | 1,16 | 6 | 0,10 | A |
| T2(A1-B2) | 1,13 | 6 | 0,10 | A |

Los tratamientos presentan medias similares por los tanto no existe diferencia de grupos entre la fibra en polvo y la fibra cortada de coco en correspondencia a los SDT, en el proceso de filtración Rondón (2020); Maldonado (2020); Marín y Arriojas (2020) mencionan que se dará complejidad del fenómeno, es de esperar que más de un mecanismo estará actuando para transportar los diferentes tamaños de partículas hasta la superficie del medio filtrante y dejarlas adheridas.

Tabla 4.10. ANOVA por tratamientos SST

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 0,00014 | 5 | 0,00003 | 0,64 | 0,6698 |
| Tratamientos | 0,00014 | 5 | 0,00003 | 0,64 | 0,6698 |
| Error | 0,0013 | 30 | 0,00004 | | |
| Total | 0,0015 | 35 | | | |

Los sólidos suspendidos totales en relación a los tratamientos, no presentan diferencia significativa, es decir que se mantiene similar los SST al tratamiento testigo. De acuerdo a Hernández (2007); Jácome (2014) y Vivas et al. (2022) a medida que aumentan los sólidos suspendidos en el agua de mezclado se reduce la trabajabilidad,

se retarda el tiempo de fraguado y las resistencias a compresión aumentan ligeramente con respecto a las mezclas elaboradas con agua potable.

Tabla 4.11. Prueba Tukey por tratamiento SST al 95% de confianza

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|--------------|---------|---|--------|---|
| T5(A2-B2) | 0,01 | 6 | 0,0027 | A |
| T6(A2-B3) | 0,01 | 6 | 0,0027 | A |
| T4(A2-B1) | 0,0004 | 6 | 0,0027 | A |
| T3(A1-B3) | 0,00034 | 6 | 0,0027 | A |
| T1(A1-B1) | 0,00028 | 6 | 0,0027 | A |
| T2(A1-B2) | 0,00068 | 6 | 0,0027 | A |

Los sólidos suspendidos totales según los tratamientos aplicados de la prueba Tukey no presentan diferencia entre las medias ya que su valor es considerablemente bajo. Según la OMS, el nivel de SST ideal en agua (mg/l): Menos de 300: Excelente. 300 – 600: Bueno. 600 – 900: Regular (Sistema de Información del Medio Ambiente, 2007). Como se observa en el presente caso los SST mantienen muy baja cantidad desde el rango 0,01 al 0,00028, Sánchez y Viáfarass (2014) indican que, para conocer los SST en las aguas residuales, se deben controlar de manera óptima la eficiencia operativa del filtrador que se encarga de depurar aguas a partir del uso de la fibra de coco (Torres, Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros, 2014).

Tabla 4.12. ANOVA por repeticiones Turbidez

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------------|-----------|----|----------|-------|---------|
| Modelo | 102748,84 | 5 | 20549,77 | 80,58 | <0,0001 |
| Tratamientos | 102748,84 | 5 | 20549,77 | 80,58 | <0,0001 |
| Error | 7651,01 | 30 | 255,03 | | |
| Total | 110399,85 | 35 | | | |

El parámetro de turbidez de acuerdo a las repeticiones, muestra una diferencia altamente significativa, es decir que existió cambios por semanas en el parámetro en la aplicación del filtro a base de fibra de en polvo y fibra cortada de coco, Lazón y Mendoza (2022) infieren que en cuanto más sólidos en suspensión halla en el agua,

más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua (Carril et al., 2020; Pazmiño, 2014).

Tabla 4.13. Prueba Tukey por repetición de Turbidez al 95% de confianza

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|----------------------|--------|---|------|---|
| R4 (Semana 4) | 192,67 | 6 | 6,52 | A |
| R2 (Semana 2) | 187,17 | 6 | 6,52 | A |
| R1 (Semana 1) | 183,67 | 6 | 6,52 | A |
| R3 (Semana 3) | 177,5 | 6 | 6,52 | A |
| R5 (Semana 5) | 72,5 | 6 | 6,52 | B |
| R6 (Semana 6) | 72,15 | 6 | 6,52 | B |

De acuerdo a las repeticiones por semanas, se presentan dos grupos significativos, presentándose diferencia entre dos grupos de las semanas (1 a 4) a la (5 a 6) observándose que en la quinta y sexta semana descendió a 73 de 180 promedio. Lo que significa que la turbidez del agua gris de Jaboncillo mejoró en la 5ta y 6ta semana del tratamiento. Marcó et al. (2004) mencionan que la filtración elimina o separa sólidos en suspensión en el agua, la organización Nihon Kasetu CO. (2017) da a conocer que el agua gris debe pasar a través de un material poroso filtrante (fibra en polvo y fibra cortada de coco), que puede ser de tipo granular, el cual logra la retención de sólidos en mayor alcance (Porto Aguas y UCUENCA-EP, 2019).

Tabla 4.14. ANOVA por repeticiones pH

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 0,35 | 5 | 0,07 | 0,43 | 0,8247 |
| Tratamientos | 0,35 | 5 | 0,07 | 0,43 | 0,8247 |
| Error | 4,91 | 30 | 0,16 | | |
| Total | 5,26 | 35 | | | |

En el parámetro de pH de ANOVA por repeticiones muestra que no existe diferencia significativa del tratamiento según se emplee fibra en polvo y fibra cortada de coco, los autores Díaz et al. (2010); García (2016); Murgueitio et al. (2019) coinciden en que el tratamiento de repeticiones a partir de cada semana va mejorando la filtración y calidad

de pH, siendo valores partícipes para aprovechamiento de actividad agrícola que en la comunidad de Jaboncillo es una actividad de primera necesidad.

Tabla 4.15. Prueba Tukey por repetición de pH al 95% de confianza

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|---------------|--------|---|------|---|
| R6 (Semana 6) | 7,56 | 6 | 0,17 | A |
| R4 (Semana 4) | 7,55 | 6 | 0,17 | A |
| R5 (Semana 5) | 7,40 | 6 | 0,17 | A |
| R1 (Semana 1) | 7,36 | 6 | 0,17 | A |
| R2 (Semana 2) | 7,36 | 6 | 0,17 | A |
| R3 (Semana 3) | 7,31 | 6 | 0,17 | A |

La prueba Tukey refleja que las repeticiones en las 6 semanas se mantienen en valores similares y apropiados para emplear el agua filtrada en alguna actividad agropecuaria. Para el consumo humano el rango de pH óptimo es de 6,5 a 8,5 y para riego agrícola es de 6,0 a 9,0 (Medina et al., 2016); (Sarabia et al., 2011); (Valles et al., 2017), por lo que, en base a estos datos, se infiere los usos potenciales de esta agua filtrada.

Tabla 4.16. ANOVA por repeticiones SDT

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo | 1,43 | 5 | 0,29 | 18,88 | <0,0001 |
| Tratamientos | 1,43 | 5 | 0,29 | 18,88 | <0,0001 |
| Error | 0,46 | 30 | 0,02 | | |
| Total | 1,89 | 35 | | | |

Los SDT de acuerdo a las repeticiones muestran diferencia altamente significativa, es decir que existió cambios en algunas semanas del tratamiento de filtración del agua gris de Jaboncillo, como se observó de manera positiva en las últimas semanas, este valor ha ido disminuyendo en su concentración. Según Delgadillo et al. (2010) los SDT los niveles en el agua se determinan: 300 – 600 – Nivel Bueno. 600 – 900 – Nivel Regular. 900 – 1,200 – Nivel Pobre (no recomendable) 1,200 a más – Inaceptable. Pero de acuerdo a la opinión de Yáñez (2018) y (Otero, 2006) a someterse en proceso de filtrado los SDT, su remoción tiende a ir disminuyendo en el transcurso de un tratamiento.

Tabla 4.17. Prueba Tukey por repetición de SDT al 95% de confianza

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|---------------|--------|---|------|---|
| R4 (Semana 4) | 1,39 | 6 | 0,05 | A |
| R3 (Semana 3) | 1,33 | 6 | 0,05 | A |
| R1 (Semana 1) | 1,28 | 6 | 0,05 | A |
| R2 (Semana 2) | 1,22 | 6 | 0,05 | A |
| R5 (Semana 5) | 0,99 | 6 | 0,05 | B |
| R6 (Semana 6) | 0,82 | 6 | 0,05 | B |

Las semanas del 1 al 4 presentan diferencia significativa en relación a la semana 5 y 6 las cuales permiten conocer que en la quinta y sexta semana los SDT disminuyeron su cantidad en el agua filtrada. Lo que da como resultado que el proceso de filtrado de fibra de cortada y fibra en polvo de coco en la aplicación de diferentes dosis si promueven la remoción de SDT en el agua gris de la comunidad Jaboncillo (Cartagena, 2001; Medina y Miranda, 2007; Ávila et al., 2018).

Tabla 4.18. ANOVA por repeticiones SST

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 0,00053 | 5 | 0,00011 | 3,38 | 0,0153 |
| Tratamientos | 0,00053 | 5 | 0,00011 | 3,38 | 0,0153 |
| Error | 0,00094 | 30 | 0,00003 | | |
| Total | 0,0015 | 35 | | | |

En ANOVA por repeticiones en el parámetro filtrado de SST demuestra que existe diferencia significativa en las semanas situadas. Lo que permite comprobar que el tratamiento de acuerdo a la aplicación de las seis semanas es práctico para remover los SST del agua gris procesada (Castillo, 2020; Roperó, 2015; Pérez et al., 2021), correspondiente a la comunidad Jaboncillo.

Tabla 4.19. Prueba Tukey por repetición de SST al 95% de confianza

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|---------------|--------|---|--------|-----|
| R2 (Semana 2) | 0,01 | 6 | | A |
| R6 (Semana 6) | 0,01 | 6 | 0,0023 | A B |
| R4 (Semana 4) | 0,0022 | 6 | | A B |
| R1 (Semana 1) | 0,0021 | 6 | | A B |

| | | | |
|----------------------|---------|---|---|
| R5 (Semana 5) | 0,0012 | 6 | B |
| R3 (Semana 3) | 0,00095 | 6 | B |

La tabla 4.19 muestra los resultados de la prueba Tukey por repeticiones para los SST, evidenciándose tres grupos diferentes, la semana 2 es diferente a la semana 6, 4 y 1; que muestran diferencia de las semanas 5 y 3. Demostrando que existe optimización de la repetición en los diferentes tratamientos en las semanas tal como lo indican Magdaleno et al., (2021); Fallas (2012) y Wong (2010).

Tabla 4.20. Cálculo de eficiencias por tratamientos

| Tratamientos | Turbidez | pH | SDT | SST |
|------------------------|----------|-------|---------|----------|
| Entrada de Agua | 248,00 | 9,50 | 0,56 | 0,01 |
| T1 | 23,39 | 19,16 | -114,29 | 1,00 |
| T2 | 24,19 | 15,26 | -105,36 | 92,00 |
| T3 | 28,63 | 24,11 | -150,00 | 98,00 |
| T4 | 22,18 | 22,63 | -121,43 | 95,00 |
| T5 | 29,03 | 27,26 | -158,93 | 95,00 |
| T6 | 28,23 | 26,53 | -121,43 | 92,00 |
| Entrada de Agua | 296,00 | 9,60 | 0,72 | 0,00 |
| T1 | 33,11 | 20,52 | -69,44 | 60,00 |
| T2 | 35,47 | 17,50 | -62,50 | 75,00 |
| T3 | 38,85 | 24,38 | -83,33 | -390,00 |
| T4 | 34,12 | 23,65 | -72,22 | -410,00 |
| T5 | 40,54 | 27,29 | -55,56 | -900,00 |
| T6 | 38,51 | 26,98 | -72,22 | -1415,00 |
| Entrada de Agua | 232,00 | 9,10 | 1,60 | 0,01 |
| T1 | 21,12 | 14,29 | 23,13 | 78,90 |
| T2 | 23,28 | 11,98 | 28,13 | 88,07 |
| T3 | 23,71 | 19,67 | 12,50 | 97,25 |
| T4 | 17,67 | 24,07 | 9,38 | 93,58 |
| T5 | 32,76 | 25,05 | 11,88 | 96,33 |
| T6 | 22,41 | 23,30 | 17,50 | 93,58 |
| Entrada de Agua | 291,00 | 9,02 | 1,87 | 0,01 |
| T1 | 23,02 | 4,55 | 17,11 | 80,25 |
| T2 | 34,36 | 12,20 | 20,86 | 96,30 |
| T3 | 37,46 | 17,07 | 29,41 | 92,59 |
| T4 | 33,68 | 18,51 | 33,69 | 87,65 |
| T5 | 35,40 | 22,28 | 22,46 | -9,88 |
| T6 | 38,83 | 23,17 | 31,55 | 90,12 |

| | | | | |
|------------------------|--------|-------|--------|--------|
| Entrada de Agua | 140,00 | 7,38 | 0,82 | 0,00 |
| T1 | 35,00 | -1,63 | -3,66 | 19,23 |
| T2 | 37,86 | -1,36 | -13,41 | 57,69 |
| T3 | 55,71 | -1,36 | -13,41 | 92,31 |
| T4 | 40,00 | 0,41 | -18,29 | 42,31 |
| T5 | 54,29 | 0,95 | -17,07 | 65,38 |
| T6 | 66,43 | 1,36 | -59,76 | 57,69 |
| Entrada de Agua | 177,00 | 7,49 | 1,07 | 0,01 |
| T1 | 41,24 | 0,13 | 13,08 | 96,23 |
| T2 | 66,10 | -0,13 | 18,69 | 98,11 |
| T3 | 46,33 | -1,87 | 12,15 | -75,47 |
| T4 | 53,11 | -1,87 | 26,17 | -92,45 |
| T5 | 80,30 | -1,74 | 45,79 | -96,23 |
| T6 | 68,36 | -0,40 | 23,36 | 92,45 |

En la presente tabla se observa el proceso de filtrado del agua gris de la comunidad Jaboncillo, Picoazá ha mejorado en cada parámetro analizado. En la semana 1 en turbidez el mejor tratamiento fue el 4, en la segunda semana existió mayor optimización en el tratamiento 1, en la tercera semana hubo mejor optimización en el tratamiento 3, en la cuarta semana se dio mejora en el tratamiento 1, en la quinta semana el tratamiento 1 mostró mejor rendimiento, en la sexta semana nuevamente el tratamiento 1 fue más óptimo. Cabe mencionar que en el caso que no se controle la turbidez en el agua generaría inconvenientes ya que puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro (Vásquez, 2013).

En el parámetro de pH en las semanas 1, 2 y 3 el tratamiento idóneo fue el 2, en la cuarta semana el tratamiento 1 se presentó extremadamente ácido en un rango de 4, en la semana 5 y 6 los niveles de pH se mantuvieron en su mayoría en ácidos. Se informa, además, que un alto o bajo pH puede romper el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas (Humanante et al., 2022).

Los sólidos disueltos totales, en la semana 1 y 2 mantuvieron un rango mínimo, en la semana 3 y 4 presentaron mayor presencia, pero esto es debido al uso de la fibra en

polvo y cortada de coco, en la semana 5 y 6 se presentaron en menor proporción. Los sólidos suspendidos totales en la semana 1 se mantuvieron, el tratamiento 1 fue el considerado más bajo, en la semana 2 desde el tratamiento 3 y 4 fue descendiendo los SST, en la semana 3 el tratamiento más óptimo fue el 1, en la semana 4 la más baja fue el tratamiento 5, en la semana 5 el tratamiento más eficiente fue el tratamiento 1, y en la semana 6 los mejores tratamientos fueron 3 y 5. Se destaca, asimismo, que los Sólidos Suspendidos y Disueltos en el agua en altos niveles de pueden afectar a la turbidez, aumentar la temperatura del agua y disminuir los niveles de oxígeno disuelto (OD) (Acuacultura, 2022).

Tabla 4.21. Resumen del promedio de eficiencias por tratamiento

| Tratamientos | Turbidez | pH | SDT | SST | Eficiencia total promedio |
|--------------|----------|-------|--------|---------|---------------------------|
| T1 | 29,48 | 9,50 | -22,34 | 55,93 | 18,14 |
| T2 | 36,88 | 9,24 | -18,93 | 84,53 | 27,93 |
| T3 | 38,45 | 13,67 | -32,11 | -14,22 | 1,44 |
| T4 | 33,46 | 14,57 | -23,79 | -30,65 | -1,60 |
| T5 | 45,39 | 16,85 | -25,24 | -124,90 | -21,97 |
| T6 | 43,80 | 16,82 | -30,17 | -164,86 | -33,60 |

Como se constató, el mejor tratamiento fue el número dos que está compuesto de fibra en polvo de coco a 60 g, este resulto el más óptimo para depurar las aguas grises de la comunidad Jaboncillo. El tratamiento 1 y 3 también son considerables en depuración, pero ciertos parámetros son desbalanceados, lo que no permitiría el aprovechamiento del agua en la actividad agrícola. La fibra en polvo de coco es considerada, como una de las más resistentes, de entre todas las fibras naturales que se comercializan (Gómez et al., 2019), se trata de una fibra basta y relativamente corta, de unos 35 cm como máximo y que se extrae de la corteza exterior del coco (Vaca et al., 2021). El rendimiento de absorción de la fibra de coco se compara con el de un polipropileno (PP) (Abanto y Taboada, 2018).

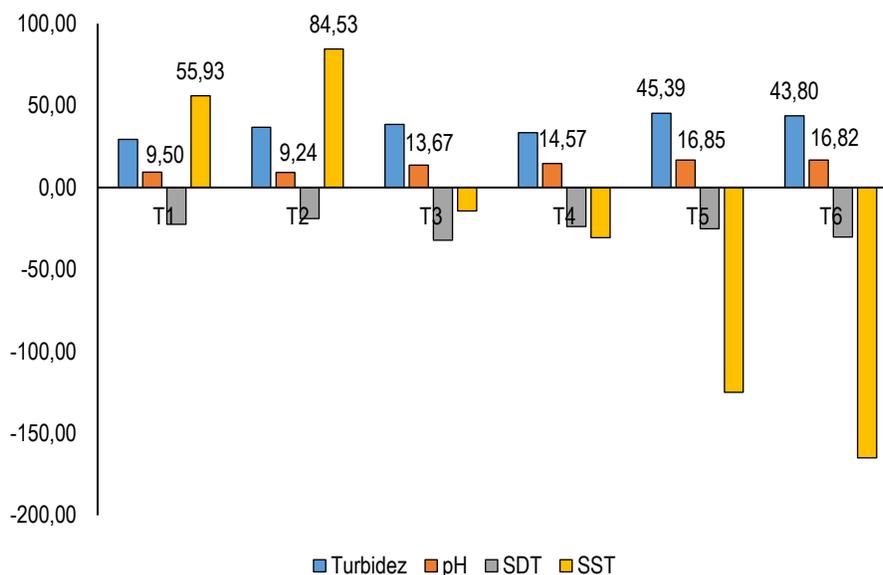


Figura 4.26. Eficiencias por tratamientos

Como se evidencia en la figura 4.26, los tratamientos con fibra en polvo de coco a 30g, 60 g y 90 g demuestran que es un mejor material para la depuración de aguas grises que la fibra recortada de coco. La fibra en polvo de coco está formada por millones de microesponjas capilares que absorben y retienen hasta nueve veces su propio peso en agua esto la hace aprovechable para los tratamientos de depuración (Yanza, 2017; Reyes, 2016 y Prato et al., 2021).

4.3. CÁLCULO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DEL FILTRO CON EL MEJOR TRATAMIENTO ESTABLECIDO

Tabla 4.22. Comparación de parámetros del mejor tratamiento con los límites máximos permisibles

| Parámetros | Control sin filtro | Tratamiento 2 | Tabla 3. LMP agua riego agrícola |
|------------|--------------------|---------------|----------------------------------|
| ST | 0,77 | 1,13 | - |
| DQO | 0 | 0 | - |
| DBO5 | 0 | 0 | - |
| pH | 8,74 | 7,81 | 6 - 9 |
| Turbidez | 218,17 | 149,17 | - |

En la presente tabla se aprecia la diferencia de los parámetros del agua gris de Jaboncillo antes del filtro y después de ser sometida el agua cruda gris a la filtración y el límite permisible de esta agua tratada en relación a el agua de riego agrícola. Como aprecia, los sólidos totales han aumentado de 0,77 a 1,13 esto debido a los sólidos presentes del filtro, en la turbidez del agua se observa una gran diferencia de la inicial, pasando de 218,17 a 149,17 manteniéndose en límites permisibles. El pH con el tratamiento empleado muestra un mejoramiento llegando a ser casi neutro según los límites permisibles es aceptable y óptimo para el empleo de esta agua para riego de cultivos (Torres, 2019). La presencia de la materia orgánica en materiales de la fibra en polvo o la fibra cortada de coco tiende a ser la causante de que varíe la presencia de Sólidos suspendidos y disueltos en el agua a tratar (Navas, 2017; Gallardo, 2017).

Para la determinación del costo del filtro, se aplicó lo dispuesto por Saltos y Zambrano (2021); es decir, que el tratamiento dos al demostrar ser más eficiente fue el que se implementó en la vivienda de Jaboncillo, teniendo que su costo total de producción e implementación siguiendo lo dispuesto por Villares (2022) fue el siguiente:

$$CP = (M_p + M_{od} + G_p)$$

Dónde:

CP: Costo de producción

Mp: Materia prima (\$10)

Mod: Mano de obra directa (\$50)

Gp: Gasto de Producción (\$90)

$$CP = (M_p + M_{od} + G_p)$$

$$CP = (10 + 50 + 90)$$

$$CP = \$150$$

Como se observa, el costo de producción del filtro a base de fibra en polvo de coco tiene un costo de producción por vivienda de \$150; valor accesible para su empleo y mejoramiento de aguas grises de la comunidad Jaboncillo, lo que coincide con lo expuesto por Ibarra (2016) que considera que las ventajas de utilizar filtros caseros es

que son económicos, fáciles de transportar e implementar, no requieren electricidad, están hechos de materiales duraderos y sus repuestos son baratos, así como de fácil manejo y uso, ayudando a resolver el problema a corto plazo que conlleva el tratamiento del agua en zonas rurales.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El contenido de materia orgánica existente en el agua gris proveniente de las actividades domésticas de una vivienda en la comunidad Jaboncillo, parroquia Picoazá fue de 11200 mg/L para la DQO y de 3000 mg/L para la DBO₅, valores fuera de la normativa ecuatoriana; reflejándose la dinámica de la familia seleccionada en el monitoreo, la cual está conformada por padre, madre y dos hijos en edad escolar. De igual forma los resultados de la encuesta señalan que el agua residual que generan no se aprovecha de ninguna forma y que si esta agua se trata puede reusarse para labores agrícolas.
- Respecto a la implementación a escala piloto de los filtros biológicos a base de fibra de coco para la remoción de materia orgánica en aguas grises domésticas de una vivienda en la comunidad Jaboncillo, parroquia Picoazá, no se encontraron diferencias significativas para los parámetros de turbidez, SDT, SST por tratamientos (T1 a T5 p-valor > 0,05), pero sí en el parámetro del pH (T5 y T6 < 0,05); mientras que en las repeticiones (filtración por semana) se encontró diferencias significativas para turbidez, SDT y SST (p-valor < 0,05) pero no para el pH (T1 a T5 p-valor > 0,05).
- El filtro correspondiente al tratamiento 2 (Fibra en polvo 30g + Fibra recortada 60g) fue el que mejor eficiencia promedio alcanzó (27,93%) frente al tratamiento 1 que alcanzó 18,14%; mientras que los tratamientos 3 y 4 tuvieron eficiencias menores al 2%. Por tanto, el costo de producción e implementación del filtro con el mejor tratamiento (T2) fue de \$150,00.
- En base a los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis planteada puesto que el filtro a base de fibra de coco removió en un 27,93% la materia orgánica en aguas grises domésticas de una vivienda en la comunidad Jaboncillo, parroquia Picoazá frente al 50% que se había planteado.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un monitoreo más prolongado del agua residual doméstica que se tratará respecto a los parámetros fisicoquímicos (ph, T°C, CE, OD, grasas y aceites, DQO, DBO₅) y microbiológicos (Coliformes totales, Vibrios, Salmonella entre otros), para control del proceso previo al de filtración.
- Implementar un sistema previo de decantación y prefiltrado de la muestra de agua residual doméstica antes del filtro a base de fibra de coco para aumentar la remoción de materia orgánica en aguas grises domésticas en la comunidad Jaboncillo, parroquia Picoazá.
- Estimar el tiempo de retención hidráulica necesario para que el agua residual doméstica entre en contacto con la fibra y que ésta pueda ser reemplazada rápidamente luego del proceso de filtrado para minimizar la presencia de sólidos suspendidos en la muestra, lo que deberá considerarse en un nuevo cálculo de costo de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, M. (2020). Revisión sistemática: tecnologías verdes para el aprovechamiento de aguas residuales provenientes de los frigoríficos. Universidad César Vallejo. Lima, Perú.
- Aguamarket. (2020). Aguas Residuales y subterráneas . En *Cotice todos los Productos y Servicios para la industria que necesita a lo largo de todo Latinoamérica* (pág. 1). Agua Iberoamericana.
- Alcca, E. (2022). Diseño y evaluación de un sistema automatizado de tratamiento y reutilización de aguas residuales de autolavado de la ciudad de Puno – 2021. Universidad Privada San Carlos. Puno, Perú.
- Alvarado, J. y Manayay, J. (2020). Uso de la *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en humedales artificiales. Universidad César Vallejo. Chiclayo, Perú.
- Ancín, M. (2011). Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris L var. Alubia*) en el distrito de San Juan de Castrovirreyna . Huancavelica (Perú). En *Libro* (págs. 1-109). Universidad Pública de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Arango, Á. (2004). La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(2), 61-66.
- Araya, A. (2020). Bioindicadores de Contaminación de aguas residuales de sistemas agropecuarios en el Distrito de Riego Arenal Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. *Oriolus Revista*, 1(1), 1-13.
- Atoche, E. e Hilaquita, B. (2021). Diseño de box-behnken en la eficiencia del Sistemas venturi de nanomicroburbujeo de oxígeno para la remoción de materia orgánica y microbiológicas en aguas residuales domésticas. Universidad Peruana Unión. Lima, Perú.
- Beltrano, J. y Gímenez, D. (2015). Cultivo de hidroponía. En *Libro* (págs. 1-181). Edulp Editorial de la Universidad de la Plana.
- Benitez, C., Pece, M. y Galindez, M. (2002). Conceptos básicos sobre análisis de variancia y diseño experimental. Facultad de Ciencias Forestals. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Betanco, N. (2012). Dimensionamiento de un sistema de Humedales Artificiales de Flujo Sub superficial para la depuración de aguas residuales grises, a pequeña escala en el barrio Omar Varela de la ciudad de Buenos Aires, Rivas. En *Tesis*

- de Grado (págs. 1-99). Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Química.
- Betaquímica. (2020). *Diseñamos el lecho filtrante de sólidos en suspensión del agua óptimo en cada caso, la experiencia de nuestro equipo técnico a su servicio*. <https://betaquimica.com/tratamiento-de-aguas/medios-filtrantes/>
- Burgos, J. y Pierre, D. (2021). Tratamiento de aguas residuales provenientes del Camal Municipal del Cantón Balzar mediante Filtro de Fibra de Coco (Cocos mucífera). En *Trabajo de titulación para obtener el título de Ingenieros Químicos* (págs. 1-78). Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Carrera de Ingeniería Química.
- Cajal, A. (2021). Observación Directa. En *Lifeder* (págs. 1-5).
- Camacho, J. (2007). Diferencias significativas entre tratamientos. *AMC*, 49(3), 1-2.
- Cámara Argentina de Fabricantes de Máquinas Agrícolas CAFMA. (2018). Características Físico - Químicas del agua residual. Módulo de Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.
- Cano, R., Falcón, V. y Martínez, B. (2021). Enfermedades transmitidas por el consumo de agua de mala calidad. *13(S2)*, 513-520.
- Cárdenas, J. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de Ciencias Ambientales*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Caro, M. (2017). Desarrollo y validación de un prototipo funcional tipo bio-filtro para la reutilización de aguas residuales domésticas en el sector agrícola. En *Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniería ambiental* (págs. 1-89). Barranquilla, Colombia: Universidad de la Costa, CUC. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.
- Carrasco, F. y Menéndez, Á. (2010). Nuevos materiales y tecnologías para el tratamiento del agua. Universidad Internacional de Andalucía.
- Carril, R., Gómez, Y. y Vásquez, H. (2020). Efecto coagulante - floculante del Cladodio de Tuna (*Opuntia ficuas indica*) y del endospermo de moringa (*Moringa aleífera lam*) en el tratamiento primario de aguas residuales domésticas de la PTAR del sector 9, Distrito de Manantay. En *Tesis de Grado* (págs. 1-110). Universidad Nacional de Ucayali.
- Castillo, J. y Chimbo, J. (2021). Eficiencia en la Remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (*Eisenia Foetida*) en aguas residuales domésticas para zonas rurales. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria "Manuel Felix Lopez". Medio Ambiente.

- Cavero, A. (2021). Interpretación de la percepción del reúso de aguas residuales tratadas en la comunidad de Sampantuari, Cusco – Perú, 2020. Universidad César Vallejo. Cusco, Perú.
- Cedeño, R. y Ayón, C. (2020). Reducción de color y turbidez en aguas residuales del camal municipal de Manta, mediante biofiltración con cáscara de coco (cocos nucifera) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), enero 2020. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura*, 3(6), 21-37.
- Cerezo, J. (2011). Estación depuradora de aguas residuales. En *Proyecto final* (págs. 1-159). Escola Universitaria de Enginyeria. Técnica Industrial de Barcelona.
- Chacón, M. (2016). *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Chávez, E. y Freire, J. (2021). Desempeño de los biodigestores con filtros de lechos plástico bacterianos en el tratamiento del agua residual doméstica de una vivienda unifamiliar (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2021).
- Challapa, R. (2022). Como cosechar, conservar y utilizar el agua de lluvia para uso alternativo en el hogar de los vecinos de O.T.B. Eduardo Avaroa. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
- Chican, D. y López, E. (2021). Revisión sistemática de los impactos de la contaminación de aguas subterráneas producidas por lixiviados de vertederos municipales. En *Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental* (págs. 1-69). Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.
- COA - Código Orgánico del Ambiente. (2017). Registro oficial suplemento 983 del 12 de abril de 2017. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador 2008. En *Decreto Legislativo 0. Registro Oficial 449*.
- Coronel, L. y Márquez, M. (2008). Estudio de los impactos socioculturales del turismo en la Comuna Montañita. En *Tesis de grado previa a la obtención del título de Licenciado en Turismo* (págs. 1-157). Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Licenciatura en Turismo.
- Criollo, C. (2022). Propuesta de reutilización de aguas grises domésticas para su uso de jardines, en la comuna Puerto Roma, Cantón Guayaquil. En *Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental* (págs. 1-107). Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Carrera de Ingeniería Ambiental.

- Crombet, S., Pérez, N., Ábalos, A. y Rodríguez, S. (2013). Caracterización de las aguas residuales de la comunidad "Antonio Maceo" de la Universidad de Oriente. *Revista Cubana de Química*, XXV(2), 134-142.
- Cusiche, L. y Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional "Lago Junín", Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1433-1447.
- Díaz, L., Fischer, G. y Pulido, S. (2010). La fibra de coco como sustituto de la turba en la obtención de plántulas de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), 153-162.
- Dirección de Recursos Hídricos. (2017). *Calidad del Agua*. Tucumán, Argentina.
- Echeverría, I., Machicado, L., Saavedra, O., Escalera, R., Heredia, G. y Montoya, R. (2019). Aguas residuales domésticas tratadas con reactores anaeróbicos y filtros de grava como recurso para ser usadas en agricultura. *Investigación y Desarrollo*. 19(1): 63-72
- Espinoza-González, M. y Intriago-Arguello, E. (2021). Tratamientos de aguas residuales del procesamiento de almidón de yuca. mediante uso de filtro Rápido en el sitio de Bejuquillo-Canuto. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Feliz Lopez". Medio Ambiente .
- Estupiñan, E. y Sánchez, W. (2019). Plan de empresa para la creación de "Fibras de coco", empresa dedicada a la producción y comercialización de fibras de sustrato a partir de la Estopa de Coco. En *Universidad Autónoma de Occidente. Acreditación Institucional de Alta Calidad* (págs. 1-165). Santiago de CAALI: Facultad de Ingeniería. Departamento de Operaciones y Sistemas. Programas Ingeniería Industrial.
- Faviel, E., Infante, D. y Molina, D. (2019). Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del Área Natural Protegida La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 35(29): 317-334.
- Gallardo, L. (2017). Análisis de la fibra de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del Centro de Faenamiento Latacunga. En *Trabajo Experimental previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil* (págs. 1-110). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- Galindo, G. y Pow Sang, W. (2022). Eficacia de remoción de la DBO de agua residual doméstica mediante el uso de purificadores, *Revisión Sistemática*, 2022. Universidad César Vallejo. Lima, Perú.

- García, F. (2020). Cinética de degradación en aguas residuales domésticas con humedales artificiales utilizando *Echinodorus paniculatus*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- González, E. (2015). Análisis estadístico de datos biológicos obtenidos en una planta de tratamiento de aguas residuales. En *Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniería Civil con énfasis en Gerencia de Construcciones* (págs. 1-154). Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones.
- González, H., Zabaleta, C., Devia, J., Moya, Y. y Afanador, O. (2020). Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 23(2).
- Granada, L., Álvarez, N. y Afanador, M. (2018). *Lineamientos para la implementación de una filosofía de gestión ambiental* (Primera Edición ed.). Bogotá: Ediciones de la u.
- Gutiérrez, J. (2021). Costos de inversión y beneficios del tratamiento de aguas residuales domésticas en el Municipio de Zipaquirá. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá.
- Gutiérrez, H. y Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. En *Libro* (Segunda Edición ed., págs. 1-564). México: Mc Graw Hill.
- Hernández, A. (2007). Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 - 105° C. En *Proyecto* (págs. 1-7). IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ibarra, N. (2016). Análisis de filtros caseros como técnica de potabilización del agua en el sector rural colombiano. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- INEN - Norma Técnica Ecuatoriana. (1998). Técnicas de Muestreo. NTE INEN 2 176:1998. Quito.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2010). Guía para el monitoreo y vertimientos, aguas superficiales y subterráneas.
- Intriago, M. y Mendoza, P. (2021). Influencia de la calidad de agua de consumo humano y la salud de la población de la ciudadela "La Filomena" de la cabecera cantonal de Jama, provincia Manabí (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Jácome, J. (2014). Validación de métodos analíticos para la determinación de la demanda química de oxígeno (rango bajo, rango medio, rango alto), sólidos totales disueltos y sólidos totales suspendidos en matrices de agua clara y

- residual en el centro de investigaciones. En *Tesis de Grado* (págs. 1-278). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. México : Limusa. Colegio de Ingenieros Ambientales de México A.C. Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA.
- Lazón, J. y Mendoza, J. (2022). Tratamiento de aguas grises mediante un sistema de paredes verdes con las especies *Aptenia cordifolia* y *Nephrolepis obliterata*. En *Tesis de Grado* (págs. 1-178). Perú: Universidad Nacional del Callao. Facultad de Ingeniería Ambiental y de Derechos Naturales.
- Lentini, E. (2022). Hacia una agenda de seguridad hídrica para América Latina y el Caribe 2030.
- López, C. (2022). Fibra de coco: Un componente de los medios de cultivo. Centro de formación. En *PROMIX* (pág. 1). Troy Buechel.
- López, A., Marín, J. y Célis, M. (2023). Percepciones sobre el uso y reuso del agua y del conocimiento de sistemas sustentables para limpiar las aguas residuales. En *Reconstrucción de una Economía Social para lograr el Desarrollo Sustentable*. Universidad Martí.
- Loy, W. (2019). Factores contaminantes de la agricultura artesanal en las riberas de las aguas del río Daule, 2019. Universidad César Vallejo. Piura, Perú.
- Lugo, J. y Lugo, E. (2018). Beneficios socio ambientales por potabilización del agua en los pueblos palafíticos de la Ciénaga Grande de Santa Marta-Colombia. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 21(1), 259-264.
- Macías, G. (2021). Aprovechamiento de residuos de cáscara de cacao en la obtención de carbón activado para ser usado como medio filtrante (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Maldonado, D. (2020). Diseño de un filtro de carbón activado a base de estopa de coco (Cocos Nucífera) para la eliminación de aceites y grasas en aguas residuales avícolas. En *Tesis de Grado* (págs. 1-97). Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Ambiental.
- Malqui, S. (2021). Implementación de un sistema de filtros para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas en la asociación café Perú, Puente Piedra, 2021. En *Tesis para optar el título de profesional de Ingeniería Ambiental* (págs. 1-77). Lima, Perú: Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería. Carrera de Ingeniería Ambiental.
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C. y García, M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de funetes superficiales.

- Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 72-82.
- Marín, T. y Arriojas, D. (2020). Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (*Cocos nucifera*) a nivel de laboratorio. *Revista ION*, 33(2), 99-119. <https://doi.org/https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020008>
- Marín, T., Gota, C. y Ortiz, T. (2018). Evaluación del extracto obtenido como lixiviado de fibra de coco (*Cocos nucifera*) como bioestimulante en la remediación de un suelo contaminado con petróleo. *Revista Enfoque UTE*, 9(4), 180-193. [https://doi.org/DOI: https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.303](https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.303)
- Matos, F. y Olaya, J. (2020). Estadística descriptiva y probabilidad para las ciencias de la información con el uso del SPSS. Lima, Perú.: En Asociación del Bibliotecólogos del Perú.
- Mejía, T. (2021). Método Sintético. En *Lifeder* (págs. 1-6).
- Meléndez, J., Lemos, M., Domínguez, I. y Oviedo, R. (2018). Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal. *Revista RUI UIS Ingenierías*, 18(1), 223-236. [https://doi.org/doi: 10.18273/revuin.v18n1-2019020](https://doi.org/doi:10.18273/revuin.v18n1-2019020)
- Méndez, J. y Orejuela, D. (2021). Evaluación de microorganismos eficientes mediante un filtro anaerobio de flujo ascendente en agua residual sintética, determinado por la eficiencia de remoción de DQO y SST. (Doctoral dissertation, Uniautónoma del Cauca. Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2000). Programa Nacional de frutas de el Salvador. Boletín de mercado del coco.
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. (2021). 60 recomendaciones para un saneamiento y tratamiento de aguas residuales resilientes al cambio climático en Ecuador.
- Moncaleano, P. y Ramírez, M. (2019). Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises producidas en la finca "El Porvenir 2" El Espinal - Tolima.
- Moreno, N. (2019). Diseño de un filtro de Monomedio para agua residual contaminada con colorante azul brillante FCF a partir de la corteza de naranja (*Citrus Sinensis*), y Borra de Café (*Coffea Arabica*). En *Proyecto en modalidad de Investigación para optar al título de Ingeniero Sanitario* (págs. 1-87). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto Curricular de Ingeniería Sanitaria.

- Muñoz, K. (2020). Propuesta de implementación de un sistema ecológico para el tratamiento y reutilización de aguas grises domésticas dirigido a zonas vulnerables como la Guajira. Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia.
- Navas, A. (2017). Análisis de la fibra de coco como material filtrante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos "Izurietta" en el cantón Cevallos Provincia de Tungurahua. En *Trabajo Experimental previo a la obtención del título de Ingeniería Civil* (págs. 1-120). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- Nihon Kasetsu CO. (2017). La turbidez en las aguas residuales. 1.
- Osorio, M., Carrillo, W., Negrete, J., Loor, X. y Riera, E. (2020). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Revista Polo del Conocimiento*, 6(3), 228-245. <https://doi.org/DOI: 10.23857/pc.v6i3.2360>
- Pacheco, J. (2022). Método analítico (reglas, características y etapas).
- Payán, S. (2021). Estudio y diseño de biofiltro a partir de materia orgánica para el tratamiento de agua. En *Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencia de Materiales* (págs. 1-141). Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. CIMAR.
- Pazmiño. M. (2014). Diseño de una planta piloto de tratamiento de aguas residuales para el centro experimental UDLA-NONO e implementación del tratamiento primario. En *Tesis de Grado* (págs. 1-152). Universidad de las Américas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias.
- Pazmiño, J. (2021). Prevalencia de Enfermedades Transmitidas por consumo de agua insegura en el Sector de Pianguapi (Doctoral Dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Enfermería).
- Pereira, F., Cedeño, L., Romerosa, A. y Matamoros, M. (2017). Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz. En *Centro de Investigaciones UTMACH*. (Vol. 1, págs. 767-777). Universidad Técnica de Machala.
- Pérez, C., Sirlopú, D., Cobo, R. y Awad, A. (2014). Análisis Bifactorial de la escala de participación escolar en una muestra de estudiantes chilenos. *AIDEP*.
- Pérez, J. y Rojas, L. (2020). Desarrollo de un filtro rápido de arena, para mejorar las condiciones del agua en áreas rurales, zona de estudio: Carmen de Carupa–Cundinamarca (2020-2021).
- Ponboza, S. (2022). Diseño de un sistema de tratamiento para el colector brigada del sistema de alcantarillado de la ciudad de Riobamba. En *Trabajo previo a la*

- obtención del título de Ingeniero Civil* (págs. 1-132). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil.
- Ponce, D. (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.
- Porto Aguas y UCUENCA-EP. (2019). Estudios integrales de factibilidad y diseño definitivo de los sistemas de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial de las parroquias urbanas y parroquias rurales del cantón Portoviejo, Provincia de Manabí. En *Libro* (Vols. 21,1, págs. 1-453).
- Pozo, C. (2020). Implementación de un Biofiltro a partir de materia orgánica como lecho filtrante para reducir la concentración de contaminantes del agua del río Guayas en la zona del "Muelle Caraguay". En *Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Ambiental* (págs. 1-71). Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Ambiental.
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO. (2019). El acceso al agua potable.
- PTAR La Chira. (2022). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras. En *Proyecto* (págs. 1-278). SUNASS El regulados del agua potable.
- Quilligana, L. (2018). Análisis del bagazo de la caña de azúcar como filtro en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la lavadora de Jeans "Lavaclassic", ubicada en la ciudad de Pelileo, Provincia de Tungurahua. En *Trabajo Experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Civil* (págs. 1-98). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- Ramallo, R. (1996). *Tratamiento de Aguas Residuales* (Edición Revisada ed.). España: Editorial Reverté.
- Ramos, E. (2008). Obstrucciones de emisores de cintas de riego por goteo en horticultura intensiva . En *Estudio de Caso* (págs. 1-42). Centro de Investigación en Química Aplicada CIQA.
- Renó, D. y Flores, J. (2018). *Periodismo Transmedia*. Nueva edición actualizada - Aveiro. Editorial RIA.
- Resources ArcGis. (2016). Georreferenciación y sistemas de coordenadas.

- Rodó, J. (2018). *Conceptos sobre monitoreo de calidad de agua*. Aguas Urbanas Núcleo Interdisciplinario: <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>
- Romaina, J. (2012). Estadística Experimental. Herramientas para la investigación. En *Libro* (Primera Edición ed., págs. 1-336). Perú: Universidades Privada de Tacna. Fondo Editorial UPT-Perú.
- Rondón, A., Castillo, L. y Miranda, J. (2020). Uso de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) como medio filtrante en el tratamiento del agua del campo El Salto, Venezuela. *Ingeniería y Desarrollo*, 2145-9371. <http://dx.doi.org/10.14482/inde.38.1.628.16>
- Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de Tilapia. En *Guía de manejo* (págs. 1-24). USAID. CIDEA. University of Hawai'i Hilo. Coastar Residence Center.
- Salinas, E., Chiaravalloti, F. y Luiz, L. (2018). Experiencias, beneficios y desafíos del usos de geoprocesamiento para el desarrollo de la atención primaria de salud. *Revista Panamericana de la Salud Pública*, 1(1), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.153>
- Saltos, J. y Zambrano, J. (2021). Implementación de biofiltro para Remoción Sólidos en aguas Residuales de procesamiento de almidón yuca, alrededor de comunidad San Pablo-Taruga, Chone, Manabí. En *Tesis de Grado* (págs. 1-59). Calceta: Escuela Superior Politecnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix Lopez.
- Sánchez, L. y Viáfarass, C. (2014). Impacto de los sólidos suspendidos totales sobre la obstrucción en emisores de riego localizado de alta frecuencia. *Ingeniería y Competitividad*, 16(2), 199-210.
- Segura, D. (2017). Análisis comparativo de la percepción de la población adulta de las comunidades de Hualqui y San Pedro de Atacama respecto al Reúso de aguas servidas tratadas. En *Habilitación presentada para optar por el título de Ingeniero Ambiental* (págs. 1-110). Concepción, Chile: Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Ambientales.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua. Evaluación y Diagnóstico*. Universidad de Medellín.
- Silva, J., Torres, P. y Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana*. 26(2): 347-359
- Sistema de Información del Medio Ambiente. (2007). Total de sólidos en suspensión (Sólidos Suspendidos Totales). En *Ficha Técnica* (págs. 1-3).

- Sosa, F. (2020). Los impactos del cambio climático en la gestión del agua en la Ciudad de México. *Argumentos. Estudios Críticos De La Sociedad*, 1(92), 81-102. <https://doi.org/10.24275/uamxoc-dcsh/argumentos/202092-04>
- Tampe, R. (2022). Percepción de la población adulta del distrito de ILAVE, provincia de El Collao, de la región Puno, sobre el reúso de aguas servidas tratadas año 2021. Universidad Privada San Carlos. Puno, Perú.
- Tarón, A., Guzmán, L. y Barros, I. (2017). Evaluación de la *Cassia fistula* como coagulante natural en el tratamiento primario de aguas residuales. *Orinoquia* 21(1): 73-78
- Toapanta, A. (2018). Análisis de grava como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y tinturadora de jeans Dayantex, ubicada en el cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua. En *Trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Civil* (págs. 1-105). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil de Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- Tomala, O. (2016). Tipos de Investigación.
- Torres. G. (2014). Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros. En *Tesis Doctoral* (págs. 1-525). Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Torres, G. E. (2019). Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la variación de oxígeno disuelto, temperatura, y remoción de sólidos suspendidos totales, en Celendín – Cajamarca. En *Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Ambiental* (págs. 1-53). Celendín, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental.
- TULSMA Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. (2017). Decreto Ejecutivo 3516. Registro Oficial Edición Especial 2 de 31 de marzo 2003. 1-407.
- Vargas, A., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M. y Núñez, D. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 315-322. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000200315>
- Varó, P. y Segura, M. (2019). *Curso de manipulador de agua de consumo humano* (ISBN: 9788497170536 ed.). Universidad de Alicante.
- Vega, R. (2018). 6 Gobernanza del agua residual urbana en América Latina. *Agua y Ciudades en América Latina*. 96.

- Villa, J. (2020). Reúso de las aguas residuales como alternativa al estrés hídrico en Colombia. Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia.
- Villafranca, D. (2021). Comparación de filtros teniendo como medio filtrante a la *Lumbricus terrestris* y *Eisenia foetida* para la remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales de las aguas residuales domésticas en climas andinos – 2019. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.
- Vivas, H., Calderón, J., Mendoza, L. y Cedeño, J. (2022). Remoción de contaminantes en aguas residuales mediante el polielectrolito catiónico extraído de las semillas de Moringa Oleífera. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XLIII(2), 84-96.
- Yanza, J. (2017). Análisis de la fibra de coco filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre Moyolsa, ubicada en la Parroquia Pishilata de la ciudad de Ambato. En *Trabajo Experimental previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil* (págs. 1-83). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- Zambrano, W., Toala, G., García, N y Labrada, M. (2021). Patrimonio Arqueológico como factor de desarrollo turístico en Picoazá: caso Parque Arqueológico Cerros Hojas Jaboncillo. *Revista Internacional de Gestión, Innovación y Sostenibilidad Turística*, 1(1), 1-14.

ANEXOS

ANEXO 1. Georreferenciación y recolección de datos



Foto 1. Georreferenciación de la comunidad Picoazá



Foto 2. Encuesta realizada a los ciudadanos de Picoazá

ANEXO 2. Encuesta aplicada

| |
|--|
|  <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> |
| CUESTIONARIO |
| <p>La presente encuesta tiene como objetivo conocer que actividades domésticas en su hogar terminan contaminando el agua y su percepción del reúso de aguas residuales en la comunidad Jaboncillo, estos datos son de carácter confidencial y anónimo, en tal sentido se le pregunta si está de acuerdo con que la información sea usada únicamente para fines académicos:</p> <p style="text-align: center;">Marque con una X</p> <p style="text-align: center;">Si No</p> |
| <p>INSTRUCCIONES: Por favor responda de acuerdo a su experiencia y opinión actual y no en términos de lo que usted piensa que debería ser o en términos de lo que otros contestarían. Es importante que sus respuestas sean totalmente transparentes y honestas, se le garantiza que serán manejadas de forma estrictamente confidencial y que sólo se reportarán resultados globales de las diversas áreas. Se requiere responder marcando dentro del recuadro con una "X", a cada pregunta, escogiendo la opción que más se asemeje a respuesta, considerando la escala de 1 al 2 como se muestra en el cuadro.</p> <p>ESCALA VALORATIVA:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No 2. Si <p>Preguntas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El agua residual tratada, es recibida en condiciones salubres en su comunidad. 2. Cree usted que el tratamiento de aguas residuales para el reúso, le dará un producto de calidad. 3. Tiene usted confianza de usar el agua residual tratada. |

4. Cree usted que el uso de aguas residuales tratadas puede implicar riesgos para sus cultivos.

Se requiere responder marcando dentro del recuadro con una "X", a cada pregunta, escogiendo la opción que más se asemeje a respuesta, considerando la escala de 1 al 5 como se muestra en el cuadro.

ESCALA VALORATIVA:

1. Nunca
2. Raras veces
3. Algunas veces
4. Bastante a menudo
5. Siempre.

Preguntas:

1. Cree usted que el tratamiento de aguas residuales trae beneficios al medio ambiente.
2. Cree usted que el tratamiento de aguas residuales trae beneficios de salud a su comunidad.
3. Cree usted que el tratamiento de aguas residuales ayuda a preservar los recursos naturales.
4. Usted cree que el reúso del agua residual tratada disminuya la contaminación en la zona.
5. Está de acuerdo en usar las aguas residuales tratadas para fines agrícolas.
6. Está de acuerdo en reusar el agua residual tratada para lavar, bañarse y limpiar.
7. Cree que los pobladores de su localidad estén de acuerdo con la reutilización de aguas residuales con fines agrícolas.
8. Está de acuerdo que el reúso de las aguas residuales tratadas, promueven nuevas oportunidades a su comunidad.
9. Tiene problemas relacionados con disponibilidad del agua para sus riegos.
10. El agua para el consumo humano en la zona siempre está disponible.
11. Cree usted que las condiciones de cambios climáticos afecten a la disposición del agua.
12. Tienen la necesidad de reservar agua para su posterior uso.
13. Usted escucha constantemente información sobre el reúso de aguas residuales.

- 14.**Usted recibe frecuentemente información sobre el reúso de aguas residuales.
- 15.**Usted observa constantemente información sobre el reúso de aguas residuales.
- 16.**Conociendo que el agua proveniente de una planta de tratamiento residual es segura, la usaría con frecuencia.

Muchas gracias por su colaboración.

ANEXO 3. Análisis de laboratorio de toma de muestras en 6 semanas**SÁBADO 07 ENERO 2023**

| TRATAMIENTOS | TURBIDEZ | pH | SDT | SST |
|--------------------|----------|------|------|--------|
| Control sin Filtro | 268 | 9.50 | 0.60 | 0.0020 |
| Entrada de Agua | 248 | 9.50 | 0.56 | 0.0100 |
| T1(A1-B1) | 190 | 7.68 | 1.20 | 0.0099 |
| T2(A1-B2) | 188 | 8.05 | 1.15 | 0.0008 |
| T3(A1-B3) | 177 | 7.21 | 1.40 | 0.0002 |
| T4(A2-B1) | 193 | 7.35 | 1.24 | 0.0005 |
| T5(A2-B2) | 176 | 6.91 | 1.45 | 0.0005 |
| T6(A2-B3) | 178 | 6.98 | 1.24 | 0.0008 |

SÁBADO 21 DE ENERO 2023

| TRATAMIENTOS | TURBIDEZ | pH | SDT | SST |
|--------------------|----------|------|------|--------|
| Control sin Filtro | 270 | 9.60 | 0.65 | 0.0118 |
| Entrada de Agua | 296 | 9.60 | 0.72 | 0.0020 |
| T1(A1-B1) | 198 | 7.63 | 1.22 | 0.0008 |
| T2(A1-B2) | 191 | 7.92 | 1.17 | 0.0005 |
| T3(A1-B3) | 181 | 7.26 | 1.32 | 0.0098 |
| T4(A2-B1) | 195 | 7.33 | 1.24 | 0.0102 |
| T5(A2-B2) | 176 | 6.98 | 1.12 | 0.0200 |
| T6(A2-B3) | 182 | 7.01 | 1.24 | 0.0303 |

**SÁBADO 04 DE FEBRERO
2023**

| TRATAMIENTOS | TURBIDEZ | pH | SDT | SST |
|--------------------|----------|------|------|--------|
| Control sin Filtro | 224 | 9.10 | 0.56 | 0.0095 |
| Entrada de Agua | 232 | 9.10 | 1.6 | 0.0109 |
| T1(A1-B1) | 183 | 7.8 | 1.23 | 0.0023 |
| T2(A1-B2) | 178 | 8.01 | 1.15 | 0.0013 |
| T3(A1-B3) | 177 | 7.31 | 1.40 | 0.0003 |
| T4(A2-B1) | 191 | 6.91 | 1.45 | 0.0007 |
| T5(A2-B2) | 156 | 6.82 | 1.41 | 0.0004 |
| T6(A2-B3) | 180 | 6.98 | 1.32 | 0.0007 |

18 DE FEBRERO 2023

| TRATAMIENTOS | TURBIDEZ | pH | SDT | SST |
|--------------------|----------|------|------|--------|
| Control sin Filtro | 286 | 9.00 | 0.83 | 0.0018 |
| Entrada de Agua | 291 | 9.02 | 1.87 | 0.0081 |
| T1(A1-B1) | 224 | 8.61 | 1.55 | 0.0016 |
| T2(A1-B2) | 191 | 7.92 | 1.48 | 0.0003 |
| T3(A1-B3) | 182 | 7.48 | 1.32 | 0.0006 |

| | | | | |
|-----------|-----|------|------|--------|
| T4(A2-B1) | 193 | 7.35 | 1.24 | 0.0010 |
| T5(A2-B2) | 188 | 7.01 | 1.45 | 0.0089 |
| T6(A2-B3) | 178 | 6.93 | 1.28 | 0.0008 |

**SÁBADO 04 DE MARZO
2023**

| TRATAMIENTOS | TURBIDEZ | pH | SDT | SST |
|--------------------|----------|------|------|--------|
| Control sin Filtro | 104 | 7.75 | 0.83 | 0.0069 |
| Entrada de Agua | 140 | 7.38 | 0.82 | 0.0026 |
| T1(A1-B1) | 91 | 7.5 | 0.85 | 0.0021 |
| T2(A1-B2) | 87 | 7.48 | 0.93 | 0.0011 |
| T3(A1-B3) | 62 | 7.48 | 0.93 | 0.0002 |
| T4(A2-B1) | 84 | 7.35 | 0.97 | 0.0015 |
| T5(A2-B2) | 64 | 7.31 | 0.96 | 0.0009 |
| T6(A2-B3) | 47 | 7.28 | 1.31 | 0.0011 |

**SÁBADO 18 DE MARZO
2023**

| TRATAMIENTOS | TURBIDEZ | pH | SDT | SST |
|--------------------|----------|------|------|--------|
| Control sin Filtro | 157 | 7.46 | 1.10 | 0.0002 |
| Entrada de Agua | 177 | 7.49 | 1.07 | 0.0053 |
| T1(A1-B1) | 104 | 7.48 | 0.93 | 0.0002 |
| T2(A1-B2) | 60 | 7.5 | 0.87 | 0.0001 |
| T3(A1-B3) | 95 | 7.63 | 0.94 | 0.0093 |
| T4(A2-B1) | 83 | 7.63 | 0.79 | 0.0102 |
| T5(A2-B2) | 34.87 | 7.62 | 0.58 | 0.0104 |
| T6(A2-B3) | 56 | 7.52 | 0.82 | 0.0004 |

ANEXO 4. Análisis de Laboratorio UDLA



Universidad de Las Américas – Ingeniería Ambiental
Reporte de resultados de análisis de muestras de agua
Laboratorio de análisis de agua

Fecha de recepción de la muestra: 24/noviembre/2022

Fecha de análisis completo: 22/diciembre/2022

Responsable: Ing. Pavlova Sigcha Terán, M.Sc.

Punto: Muestra de Comunidad Jaboncillo

| PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | VALOR |
|-------------------------|---------------------|-----------------|-------|
| pH | UpH | Potenciométrico | 5,1 |
| Temperatura | °C | Potenciométrico | 10,8 |
| Conductividad Eléctrica | mS/cm | Potenciométrico | 3,51 |
| DQO | mg/L O ₂ | Fotométrico | 11200 |
| DBO ₅ | mg/L O ₂ | Respirométrico | 3000 |

ANEXO 5. Obtención de fibra de coco**Foto 3. Recolección de cáscara de coco****Foto 4. Secado de la cáscara de coco****Foto 5. Obtención de fibra de coco**



Foto 6. Trituración de la fibra de coco (molienda)

ANEXO 6. Elaboración y construcción del filtro



Foto 7. Recorte del tubo PVC



Foto 8. Perforación de la tapa Ciega (a una medida de media pulgada)



Foto 9. Unión de adaptador de media pulgada a una tapa ciega o tapa macho



Foto 10. Llenado del tubo PVC con material orgánico (fibra de coco recortada y fibra en polvo)



Foto 11. Lavado y desinfección de materia inorgánica (arena, ripio y piedra chica)



Foto 12. Filtro lleno con materiales filtrantes



Foto 13. Unión del tubo PVC con un codo de media pulgada más 10 cm de tubo de agua con la llave de paso



Foto 14. Ensamblaje y etiquetado de filtros



Foto 15. Funcionamiento del Filtro