



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

COMPLEXIVO

**POTENCIAL BIO ADSORBENTE DEL BAGAZO DE CAÑA DE
AZÚCAR Y ESTOPA DE COCO EN TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DE LAVADORAS MECÁNICAS EN
GUAYAQUIL- ECUADOR.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN
MONITOREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS
NATURALES**

**AUTOR:
STEVEN AUDELIO VERA ANDRADE**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021-2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Blog. Raúl Arizaga Gamboa, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **POTENCIAL BIO ADSORBENTE DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ESTOPA DE COCO EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADORAS MECÁNICAS EN GUAYAQUIL- ECUADOR**, realizado por el estudiante Vera Andrade Steven Audelio; con cédula de identidad N°2300427982 de la carrera INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

GUAYAQUIL, 05 de Noviembre del 2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “: **POTENCIAL BIO ADSORBENTE DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ESTOPA DE COCO EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADORAS MECÁNICAS EN GUAYAQUIL- ECUADOR**”, realizado por el estudiante Vera Andrade Steven Audelio, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing Diego Arcos Jácome, M Sc.
PRESIDENTE

Ing. Diego Muñoz Naranjo, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Luis Morocho Rosero, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Blgo. Raul Arizaga Gamboa, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 05 de Noviembre del 2021

Dedicatoria

Dedico este proyecto principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento de mi formación profesional. A mis padres por su cariño y apoyo incondicional a lo largo de estos años. A mi hermana por estar a mi lado siempre. A mi novia por su amor y apoyo incondicional.

Agradecimiento

Agradezco a Dios principalmente, por haberme permitido lograr mis objetivos profesionales a través de mis profesores, compañeros, amigos, y servidores de la comunidad Agraria que siempre han sido presto a mis intereses académicos.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo Vera Andrade Steven Audelio, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre **“POTENCIAL BIO ADSORBENTE DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ESTOPA DE COCO EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADORAS MECÁNICAS EN GUAYAQUIL- ECUADOR”** para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 05 de Noviembre del 2021

Vera Andrade Steven Audelio

C.I. 2300427982

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general.....	7
Resumen	10
Abstract	11
1. Introducción	12
1.1 Importancia del tema	12
1.2 Actualidad del tema.....	14
1.3 Novedad científica del tema.....	15
1.4 Justificación de la investigación	16
1.5 Objetivo General.....	18
1.6 Específicos	18
2. Metodología	19
2.1 Materiales.....	19
2.1.1 Recursos bibliográficos.....	19

2.1.2	Modalidad y tipo de investigación	19
2.1.3	Técnicas	19
2.2	Método	19
2.2.1	Modalidad y tipo de investigación	19
2.2.2	Tipos de Métodos	20
3.	Marco Teórico	22
3.1	Estado del Arte	22
3.2	Marco legal.....	32
3.2.1	Ley de la Constitución Política de la República del Ecuador (2008)	32
3.2.2	Ley de Gestión Ambiental.....	32
3.2.3	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	33
3.2.4	Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA).....	33
3.2.5	Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (1215)	35
3.3.	Análisis de resultados	36
3.3.1	Parámetros comparativos de biofiltros	36
4.	Conclusiones.....	41
5.	Glosario.....	42

Contaminación por aceites lubricantes y detergentes.....	42
Coagulación – Floculación.....	42
Estructura de los carbones activados	42
Fuentes de contaminación del agua.....	43
Electrocoagulación.....	43
Estabilidad coloidal.....	43
Aguas residuales	44
Aguas residuales domésticas o aguas negras.....	44
Aguas blancas	44
Aguas residuales industriales.....	44
Aguas residuales agrícolas.....	44
Lavadoras y lubricadoras de autos	45
Turbidez.....	45
Coco	45
Estopa de coco.....	45
Caña de azúcar	45
Bagazo de caña de azúcar.....	45
Aguas residuales Industriales Aceitosas.....	46
6. Bibliografía	47

Resumen

El propósito de esta investigación es la recopilación de información bibliográfica, basada en la comparación de parámetros físicos y químicos en aguas residuales de lavadoras mecánicas, se comparó el bagazo de caña de azúcar y estopa de coco como biofiltros, en diferentes muestras con variaciones en el tamaño de partícula de la malla y dosificación para remoción de materiales sólidos en suspensión, de acuerdo al estudio obtenido se estableció que el bagazo presenta mayor potencial bioadsorbente que la estopa de coco.

Palabras claves: bagazo de caña, adsorbente, malla, estopa de coco, remoción.

Abstract

The purpose of this research is the compilation of bibliographic information, based on the comparison of physical and chemical parameters in wastewater from mechanical washing machines; the bagasse of sugar cane and coconut tow was compared as biofilter, in samples with variations in particle size of the mesh and dosage to removal of solid materials in suspension, according to the obtained study, it was established that bagasse has a higher bioadsorbent potential than coconut tow.

Keywords: cane bagasse, adsorbent, mesh, coconut tow, removal.

1. Introducción

1.1 Importancia del tema

La utilización de aceites lubricantes a nivel mundial es de aproximadamente 40 millones de toneladas (API, 2019). En Japón se consumen 2,2 millones, Estados Unidos 7,6 millones y la Unión Europea 4,7 millones de toneladas de lubricantes. Según Cajas (2017), en el país se consumen aproximadamente 23 millones de galones de aceites lubricantes al año.

Los vertidos de los aceites usados son una de las principales fuentes de contaminación en el suelo y en el agua ya que ocasionan modificaciones en los ecosistemas al afectar a su estructura y a sus bioprocesos. Este tipo de problemas ambientales originan efectos directos sobre la biota, ya que los aceites y grasas en su composición, incluyen compuestos tóxicos que afectan a las plantas, animales y seres humanos, especialmente a poblaciones de microorganismos importantes para los procesos biogeoquímicos (Zamora, 2016).

De igual forma, otro de los grandes problemas es la propagación rápida de los aceites usados en los cauces de los ríos, formándose en la superficie de las aguas una película de un grosor de 0,2 mm a 1 mm. Esta película formada por compuestos tóxicos impide el movimiento de oxígeno en el agua representando un peligro permanente para la vida de algunas especies como las aves, peces y otros animales que utilizan estas aguas para desarrollar su vida la formación de esta capa superficial impide el paso de los rayos ultravioletas provocando la ausencia de la fotosíntesis (Zamora, 2018).

Diariamente son desechados 2 millones de toneladas de residuos de tipo industrial y químico en aguas receptoras. Cabe recalcar que un litro de agua residual llega a

contaminar ocho litros de agua dulce. Por otro lado, se calcula que la producción de aguas residuales a nivel global es de aproximadamente 1.500 km³ (UNESCO, 2019). Un galón de aceites usados resultantes de la lubricación automotriz puede ocasionar contaminación de un millón de galones de agua (Vázquez, 2018).

Se puede constatar que los centros de lavado y lubricación de automotores descargan efluentes con grasas y partículas resultando ser complejas para su remediación. Esto tiene como consecuencia que se produzca un alto grado de contaminación a los recursos hídricos, suelos y biota, afectando directamente en el nivel trófico mediante bioacumulación en los organismos. En el Ecuador la mayoría de centros de lavado y lubricada automotriz cuentan con métodos de contención de aceites lubricantes para sus aguas residuales y tratamientos de lodos, lo que surge debido a la falta de control sobre este tipo de actividades que regulen la disposición final de los residuos aceitosos (Vilchez, 2019).

Es de conocimiento general la existencia de limitaciones en la aplicación de métodos de depuración en el tratamiento de aguas residuales de origen industrial, así como el manejo de lodos aceitosos lo que es ocasionado por el complejo grado de contaminantes en los mismos. Esto ha causado que se haga énfasis en buscar y utilizar técnicas avanzadas de remediación (Arcos Freile, 2017).

Investigaciones han desarrollado nuevos métodos de tratamiento; países como China y Estados Unidos implementaron tecnologías de separación, coagulación y floculación. Una de ellas es la adición de polielectrolitos lineales (PE), los cuales promueven una mejor separación del aceite/agua coagulando fácilmente la mezcla mejorando las características de sedimentación; estos actúan como coagulante y floculante a la vez. La adición de PE genera una óptima separación de aceites del agua

con buenos resultados en la sedimentación, estabilidad del pH y altos grados de sedimentación y desmineralización de lodos (Goldblatt, 2017)

En Guayaquil, el crecimiento vehicular es una de las causas relacionadas a la contaminación ambiental por la demanda de su respectivo mantenimiento. Las lubricadoras y lavadoras clandestinas son causantes de los problemas ambientales, debido a que algunos establecimientos no cuentan con un sistema de mantenimiento adecuado para sus desechos (Ciudad, 2019).

Ante las problemáticas expuestas, este estudio fomenta la reducción de sustancias contaminantes en aguas residuales aceitosas provenientes del lavado y lubricada automotriz, así como el aprovechamiento ecológico de lodos resultantes para una mejor disposición final de estos mediante técnicas de separación, secado, saponificación y combustión obteniendo un mejor manejo de este tipo de residuos (Cajas, 2017).

1.2 Actualidad del tema

La valorización ecológica de residuos en la actualidad es una gran alternativa a la eliminación clásica en vertederos. Se ha convertido en un proceso complementario al reciclaje en países desarrollados, a diferencia de países menos desarrollados que carecen de buenos tratamientos y gestión de residuos lo que reduce la viabilidad de este tipo de valorización (Atria Innovation, 2016). Los procesos de valorización aprovechan los residuos para posteriormente utilizarlos en nuevos productos o rendimientos eficientes. Por ejemplo, producto seco valorizado y combustible de bajo valor.

En los últimos diez años, las ventas de automóviles en todo el mundo crecieron de 66 a 89 millones de unidades (OICA, 2016). Como resultado, las estaciones de servicio de automóviles consumen cantidades controladas de agua. Se ha estimado que el lavado de un solo vehículo implica volúmenes entre 100-600 L de agua que contribuye a aproximadamente 15 millones de litros de aguas residuales anualmente (Abdelmoes, 2018)

Según Benítez (2017), en Ecuador existen aproximadamente 1668 centros mecánicos que se encargan de cambio de aceite, engrasado y lavado de vehículos. La mayoría de talleres y lavadoras automotrices no cuentan con una licencia ambiental de normas de calidad donde certifique un tratamiento de residuos generados por las mismas.

Según Ciudad, (2017), el crecimiento vehicular es una de los principales efectos que tiene cifras alarmantes la demanda e incremento descontrolado de talleres y lavanderías automotrices generan una gran cantidad de residuos como aceites, lubricantes, entre otros productos utilizados para el mantenimiento automotriz que actúan como contaminantes a cuerpos hídricos y suelo.

1.3 Novedad científica del tema

Los carbones activados tienen una estructura porosa con pequeñas cantidades de heteroátomos, principalmente oxígeno y pueden contener hasta 20% en peso de materia mineral, expresado como contenido de cenizas; la naturaleza de las cenizas depende del material de partida del carbón activado; normalmente un carbón activado está compuesto de placas de 2-5 nm de altura constituidas por unidades de 5 a 15

anillos aromáticos condensados, semejantes a la estructura de un grafito (Marsh, 2017).

El carbón activado adsorbe una gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos de fases líquidas o gaseosas. Estos poros pueden dividirse en macroporos (diámetro mayor de 500 Å), mesoporos (entre 500 y 20 Å) y microporos (menor de 20 Å) (Juntgen, 2018).

La distribución del tamaño del poro se obtiene utilizando isothermas de adsorción, principalmente por el método BET (Haenel, 2017). El área superficial, la distribución, volumen y tamaño de poro, la superficie química, la distribución y densidad de la partícula, la resistencia al calor, la dureza, el contenido de cenizas y otros parámetros que caracterizan al carbón activado dependen de la materia prima y de las condiciones de carbonización y activación. La superficie química juega un papel importante ya que los heteroátomos y los grupos funcionales oxigenados de la superficie pueden actuar como sitios activos.

1.4 Justificación de la investigación

La contaminación ambiental se ha convertido en un debate de prioridad para la sociedad mundial. Organismos Internacionales como la ONU desde el año 2007, se direccionó a realizar investigaciones más a fondo sobre los distintos efectos que causa la contaminación a nivel mundial, planteando el concepto de sostenibilidad, además de manejar valoraciones sobre los gases de efecto invernadero y comprometer a la comunidad internacional en esforzarse en reducir las emisiones de gases (ONU, 2017).

Teniendo en cuenta que la contaminación ambiental indiscriminada del aire, agua y suelo derivada de las cargas contaminantes durante los vertidos en los procesos de lavadoras y lubricadoras de vehículos que han generado problemas de origen antropogénico por el uso y manejo inadecuado de los aceites lubricantes. Los cuales se han constituido en una fuente de contaminación y grave deterioro del medio ambiente.

Los aceites usados pueden provocar graves daños al ambiente si no cuentan con una adecuada gestión, tratamiento y disposición final. Estos aceites son resultado del uso de aceites lubricantes (Arner, 2016).

Conociendo los impactos que causan este tipo de aceites usados en los recursos hídricos, la descarga de efluentes y disposición de lodos sin tratamiento previo, la carencia e ineficiencia en nuestro país al regular estas actividades y sus posibles daños al ambiente, surge la obligación de implementar tecnologías de remediación más adecuadas.

La necesidad de conocer y aportar nuevas técnicas aplicadas al tratamiento de residuos con aceites o emulsiones, así como la aplicación de procesos de valorización, es el objetivo principal de esta investigación, en la cual a través de diseños experimentales se busca desarrollar procedimientos aptos y satisfactorios.

El tema de estudio pretende evaluar el potencial adsorbente del bagazo de caña de azúcar y estopa de coco mediante la caracterización de parámetros físicos sobre la efectividad de remoción de sólidos en suspensión en aguas de lavadoras mecánicas.

1.5 Objetivo General

Evaluar el potencial adsorbente de bagazo de caña de azúcar y estopa de coco mediante comparación datos cuantitativos para mejorar la calidad de aguas residuales en lavadoras mecánicas en Guayaquil- Ecuador.

1.6 Específicos

- Analizar información bibliográfica sobre tratamientos de adsorción en aguas residuales con bagazo de caña de azúcar y estopa de coco.
- Comparar datos cuantitativos de parámetros físicos de estopa de coco y bagazo de caña obtenidos en fuentes bibliográficas mediante estadística descriptiva.
- Proponer la mejor alternativa de adsorción para mejoramiento en aguas residuales provenientes de lavadoras mecánicas

2. Metodología

2.1 Materiales

Los recursos o materiales que se utilizaron para la investigación son:

- Teléfono
- Lápiz
- Cuaderno
- Computadora
- Esferos

2.1.1 Recursos bibliográficos

Se recopilará información de artículos científicos, tesis, investigaciones y posteriormente se analizará para reformular las ideas relevantes al estudio.

2.1.2 Modalidad y tipo de investigación

Se determinaron resultados a través de la verificación de varias fuentes bibliográficas documentales y no experimentales.

2.1.3 Técnicas

La técnica que se utilizara en el presente trabajo monográfico será a través de una investigación bibliográfica, la cual permita recopilar información relevante de diversos autores que enfoquen la problemática ambiental.

2.2 Método

2.2.1 Modalidad y tipo de investigación

La presente investigación se realizará de la siguiente manera:

2.2.1.1 Bibliográfica

Datos secundarios son los que han sido obtenidos por otros y normalmente nos llegan ya elaborados y procesados. Se obtiene básicamente mediante los documentos escritos correspondientes: libros, revistas (UNIR, 2018).

2.2.1.2 Explicativa

Buscan encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos. Su objetivo último es explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste (GESTIOPOLIS, 2015).

2.2.1.3 Descriptiva

Permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos, la descripción de las características que identifican los diferentes elementos y componentes, y su interrelación (GESTIOPOLIS, 2015).

2.2.2 Tipos de Métodos

2.2.2.1 Método deductivo directo

Empleado sobre todo en la lógica y el razonamiento formal, extrae de un conjunto finito de premisas comprobadas una conclusión única y verdadera (CONCEPTO, 2016).

2.2.2.2 Método lógico inductivo

Propone el camino inverso: a partir de premisas particulares, se infieren conclusiones universales o generales, ya sea mediante inducciones completas (se consideran todos los elementos que integran el objeto de estudio) o incompletas (se

consideran solamente algunos de los elementos que lo componen) (CONCEPTO, 2016).

2.2.2.3 Método analítico

El método analítico es un método de investigación que se desprende del método científico y es utilizado en las ciencias naturales y sociales para el diagnóstico de problemas y la generación de hipótesis que permiten resolverlos (ECONOPEDIA, 2017).

3. Marco Teórico

3.1 Estado del Arte

En la actualidad, investigaciones demuestran que los aceites lubricantes usados son uno de los contaminantes más predominantes que se producen y vierten a cuerpos hídricos (Rogel, 2019), Sin embargo, muchas tecnologías tradicionales han presentado problemas con el costo y la eficiencia respecto a la remoción del contenido de aceite en suspensión y elementos disueltos, lo cual ha conducido a la aplicación de sistemas de tratamientos combinados (Sabir, 2017).

Países como Alemania, Francia, Suecia, España, Japón han centrado su interés en la aplicación de proyectos para el tratamiento de aguas residuales aceitosas utilizando tecnologías tradicionales (Caicedo, 2020).

Según Sailema, (2017) el filtro con cáscara de arroz cumplió la función de reducir la concentración original de los Aceites y Grasas hasta 16 mg/l por debajo de los límites del TULSMA (70 mg/l), en un porcentaje 99.84 % (muestra 9, día 87). DBO5 se redujo a 70 mg/l por debajo de los límites (250 mg/l), en un porcentaje 85.29 % (muestra 9, día 80). Y DQO se redujo a 154 mg/l por debajo de los límites (500 mg/l), en un porcentaje 83.82 % (muestra 5, día 40).

En otro experimento se colocaron 260 g de cáscara de coco en una mufla, a una de temperatura 280oC, durante 4 horas. Al cabo de este tiempo se recuperaron 114 g, proporcionando un rendimiento de 44% para el proceso de calcinación en estas condiciones. Luego, el producto carbonizado fue triturado en mortero (también se puede utilizar un molino casero), tamizado en malla N° 60-ASTM (reemplazable por un colador doméstico de huecos muy pequeños) y posteriormente sometido al proceso de activación.

Para el Biofiltro experimental 1 se utilizó aserrín y viruta común de aserradero puesto que esta materia es la más empleada en estos sistemas de tratamiento debido a su fácil adquisición y bajos costos mientras que para el Biofiltro experimental 2 se realizó una variante a este sistema de tratamiento, se utilizó fibra de coco, que constituye una opción de material para ser usado como empaque. En otro tratamiento el análisis del parámetro Aceites y Grasas de acuerdo con los resultados de laboratorio se puede que tanto en el Biofiltro experimental 1 como en el 2, entre los 50 mg/l del afluente y los < 0.3 mg/l del efluente, existió 99.40 % de remoción de este parámetro por lo cual se encuentra dentro de la norma ambiental aplicable puesto que se encuentran bajo los 0.3 mg/l para descargas líquidas (Reyes, 2016).

En el siguiente trabajo se utilizó biofiltro (*Eichhornia crassipes*) cáscara de naranja y residuos del maíz y agregados en la reducción de arsénico y plomo en el agua potable de la Provincia de Cerro de Pasco, esto gracias a la utilización de bio adsorbentes las cuales se hallan dentro de aquellos provenientes de las biomásas residuales, En los resultados podemos observar que el biofiltro es eficaz para la reducción de la concentración de arsénico en un porcentaje de 64.3% entre la muestra inicial y la muestra final, de igual manera, se logró reducir la concentración del plomo en un porcentaje de 52.6%. En conclusión, se logró determinar las concentraciones iniciales de arsénico y plomo, las cuales fueron: 0.028 mg/L y 0.019 mg/L y las muestras finales fueron de 0.010 mg/L y 0.009 mg/L respectivamente, donde el arsénico reducido fue de 0.018 mg/L y el plomo con 0.010 mg/L, después de un intervalo de tiempo de 144 horas, encontrándose dentro de los Estándar de Calidad para el Agua (ECA), que son de 0.010 mg/ (Vega, 2019).

Tanto la turba canadiense como la fibra de coco pudieron eliminar Cr (VI) y Cr (III) de la solución acuosa en procesos simultáneos de reducción y adsorción sobre el material, la fibra de coco fue ligeramente mejor en términos de adsorción de Cr (VI) y Cr (III) y reducción de Cr (VI), la adsorción de cromo (VI) podría explicarse principalmente por el hecho de que hubo una interacción entre los grupos hidroxilo de los carbohidratos presentes en las materias orgánicas estudiadas y el ion de cromo central, los grupos carboxílico y amina de la materia orgánica también estuvieron involucrados con respecto a la adsorción en el caso de catiónicos (III) formas del metal, la reducción de Cr (VI) es un proceso de dos fases, la primera fase es una reacción química rápida, mientras que la segunda fase es más larga y probablemente se basa en reacciones enzimáticas (Stearns, 2017).

Los resultados muestran que ambos materiales se pueden utilizar como lecho de biofiltros en las plantas de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de iones Cr (III) y Cr (VI), así como la reducción de la última forma del metal (Stearns, 2018).

La eliminación del vapor de benceno de las corrientes gaseosas se estudió en dos columnas de biofiltración a escala de laboratorio de idéntico tamaño: una llena con una mezcla de bagazo de caña de azúcar crudo y perlas de vidrio, y la otra empacada con una mezcla de bagazo de caña de azúcar molido y perlas de vidrio, en la misma relación de volumen, como materiales de filtro, se realizaron series separadas de pruebas continuas, en paralelo, bajo las mismas condiciones de operación (concentración de benceno de entrada de 10.0, 20.0 o 50: 0 mg m⁻³ y velocidad superficial del gas de 30,6, 61,2 o 122: 4 mh⁻¹) para evaluar y comparar la influencia de las características del material de empaque sobre la efectividad del biofiltro, las capacidades máximas de eliminación obtenidas, con una carga de entrada de 6:12 g.-

3 h-1, fueron 3,50 y 3:80 g-3 y bagazo de caña de azúcar molido, respectivamente (Dicks, 2017).

El rango de concentración de benceno en la corriente de aire, seleccionado en este estudio. 1/4 10: 0, 20,0 y 50: 0 mg m-3, se acerca a los valores detectados en las emisiones de la industria petroquímica D30 mg m-3 (y ligeramente superior al TLV-STEL D8 mg m-3 y TLV-TWA D1: 6 mg m-3 (AC-GIH, 2001). El intervalo de tiempo de residencia del gas seleccionado (60, 30 y 15 s) está cerca del valor promedio informado para los biofiltros que tratan diferentes emisiones industriales (Ottengraf, 2020).

Higos. 1 y 2 muestran los resultados experimentales de ensayos continuos realizados con ambos materiales de apoyo durante toda la investigación experimental, cada prueba con una concentración de benceno de entrada y una velocidad superficial del gas determinadas duró un período de aproximadamente 10 a 15 días, la duración de la eliminación abiótica inicial debida a la adsorción física o la absorción por el lecho empacado se evaluó durante la fase inicial a través de columnas de control sin biofilm. En las mismas condiciones de contenido de humedad (50%), el avance se produjo después de 1 y 2.5 h de operación con el bagazo crudo y molido, respectivamente, demostrando así la menor capacidad de retención de agua del primer material. Para evaluar el efecto del contenido de humedad sobre la capacidad de absorción del lecho empacado, se realizó una prueba adicional, aumentando el contenido de agua de la columna empacada con el medio crudo hasta un 70% (Dicks, 2021).

Se observó un avance satisfactorio de 2 h en estas condiciones que, en consecuencia, se seleccionaron para las corridas continuas con este material. Para evitar un choque excesivo del sustrato a la microflora, se realizó la primera serie de pruebas, en ambos biofiltros, operando a la menor velocidad superficial del gas D30:

6 mh⁻¹ así como a la concentración más baja de benceno influyente D10: 0 mg m⁻³, la eliminación de benceno, inicialmente cercana al 100% independientemente del material seleccionado, disminuyó progresivamente como consecuencia de la adsorción preliminar de benceno sobre los materiales de soporte, solo se necesitaron de 3 a 5 días de operación continua para alcanzar valores casi constantes de eficiencia de degradación en estas condiciones, debido a la progresiva adaptación de la microflora a las condiciones operativas, el grado medio final de conversión de gramo se instaló de nuevo cerca de 1,00 como resultado de la actividad biológica, lo que indicó que la biofiltración es una técnica realmente eficaz en el control de gases residuales que contienen benceno en concentraciones muy bajas, la segunda y tercera serie de experimentos se realizaron, en ambas columnas, manteniendo constante (Dicks, 2018).

La concentración de benceno de entrada D10: 0 mg m⁻³ y aumentando la velocidad superficial del gas (61,2 y 122: 4 mh⁻¹), en cuanto a la otra serie de experimentos continuos realizados a concentraciones de benceno de 20,0 y 50: 0 mg m⁻³, se siguió el mismo procedimiento operatorio (Ottengraf, 2016).

El grado medio de conversión fue satisfactorio y el sistema resultó muy estable durante toda la investigación experimental, demostrando así la alta capacidad de las células para adaptarse a grandes variaciones de concentración de contaminantes, así como a la relativa resistencia del seleccionado (*Pseudomonas sp.*) cepa a un contaminante tan tóxico, se supuso que el logro del estado estacionario se producía cuando la eficiencia de remoción en determinadas condiciones operativas se mantenía casi constante durante al menos cinco días (Ottengraf, 2018).

Los resultados obtenidos durante el estudio experimental general mostraron que la eficiencia de eliminación de benceno, ambos materiales disminuyeron al aumentar C_{ir} o con una disminución del tiempo de residencia aparente del gas (Dicks, 2020).

También se evaluó la capacidad de eliminación de ambos biofiltros, los resultados recolectados evidenciaron que este parámetro aumentaba regularmente con la carga orgánica, con escasa relevancia si tal dependencia se debió a un aumento en C_{ir} o una disminución en el tiempo de residencia del gas, en particular, con el bagazo molido la capacidad de eliminación aumentó linealmente hasta una carga orgánica de 3:06 g.-3 h⁻¹, mientras que más allá de este valor aumentó más lentamente y alcanzó un máximo D3:80 gramos-3 material de empaque h⁻¹ a C_{ir} ¼ 50: 0 mg m⁻³ y gramo ¼ 61: 2 mh⁻¹, si bien los resultados recolectados con bagazo crudo siguieron cualitativamente una tendencia similar, la capacidad máxima de eliminación fue menor que la obtenida con bagazo molido D3:50 g-3 material de empaque h⁻¹ y peores actuaciones se obtuvieron principalmente a menores cargas de afluentes (Ottengraf, 2018).

Con cargas superiores a 7-8: 0 g-3 h⁻¹, benceno la disponibilidad para el sistema microbiano se volvió inhibitoria en ambas columnas y la capacidad de eliminación comenzó a disminuir, los malos resultados obtenidos con bagazo crudo a bajas cargas orgánicas demuestran que este sistema nunca pudo acercarse al 100% de remoción de benceno, probablemente debido a su estructura inadecuada para el desarrollo de biomasa. Esto significa que la molienda es un requisito ineludible para mejorar las propiedades inmovilizantes del bagazo de caña de azúcar (Dicks, 2019).

Las capacidades máximas de eliminación obtenidas en este trabajo son inferiores a las reportadas por Zhu (1998) para biofiltros que utilizan mezclas de compost-carbón

activado como material de empaque D9: 0 gramos-3 h-1, probablemente debido a la referencia al volumen del lecho vacío, la presencia de biomasa aeróbica ubicada bien adaptada en el compost, las excelentes propiedades de adsorción del carbón vegetal y la temperatura de trabajo más alta (22-25 ° C). Sin embargo, en vista del posible uso del bagazo de caña de azúcar como soporte de empaque para aplicaciones industriales, se necesita una comparación con soluciones más baratas. Con este propósito, en un estudio a escala piloto para el tratamiento de las emisiones de ventilación del suelo (mezcla media no especificada), tasas de remoción de masa promedio de 7.60 y 0:20 g.-3 h-1 y eficiencias de degradación promedio, se notificaron 82,5% y 80,0% para BTEX y benceno (Swanson, 2017). Aunque estos resultados preliminares sugieren solo una aplicación limitada con más trabajo necesario, demuestran que el bagazo de caña de azúcar podría ser en realidad un material de empaque alternativo efectivo y económico para los sistemas de biofiltración.

En este trabajo se revisan series de filtros con diferentes tamaños de partículas, concretamente puzolana y aserrín, como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. Se determinó un coeficiente de permeabilidad para cada filtro (Loehr, 2019).

La biopelícula se preparó pasando una corriente de aguas residuales que contenían bacterias a través de diferentes filtros por separado, la depuración de aguas residuales se realizó sobre el biofilm con diferentes tamaños de partículas

Los resultados muestran una relación inversa entre el coeficiente de permeabilidad y el tiempo de contacto que afecta la eficiencia de la filtración, el rendimiento de la eficiencia de filtración es de alrededor del 85-94% para la demanda química de

oxígeno (DQO) y alrededor del 92-97% para la demanda biológica de oxígeno (DBO) (Cardenas, 2021).

Las bacterias también observan una alta eficiencia en la eliminación de algunos minerales, la biopelícula preparada a partir de aguas residuales parece ser un agente eficaz para filtrar aguas residuales en zonas rurales concretas, la formación de biopelículas ha reducido significativamente la actividad bacteriana y el contenido de metales pesados como lo confirman las dimensiones físicas medidas microscópicamente y la comparación visual, las biopelículas pueden tardar más de 10 días en completar la estructura de la biopelícula, en nuestro caso, esta duración se redujo agregando una solución de glucosa (1 g / l) y todo el sistema se llevó a la temperatura de 37 ° C en un horno durante las horas restantes para acelerar el crecimiento de las bacterias, en el caso de una distribución del tamaño de partícula comprendida entre 8 y 12,5 mm, la duración de la oclusión es mayor que cuando el tamaño de partícula está comprendido entre 5 y 8 mm, lo que conduce a una mejora en el ciclo de vida del filtro, sobre la base del rendimiento del tratamiento utilizando los mismos diámetros para estos tres materiales, los resultados obtenidos presentan un orden de magnitud alto en torno al 90% (Swanson, 2021).

La ligera diferencia se puede atribuir al error experimental y a la composición elemental del filtro, se encontró que el coeficiente de permeabilidad en el aserrín da un aumento significativo cuando el tamaño de partícula aumenta en comparación con la puzolana en el caso de que la puzolana y el aserrín se mezclen en la misma proporción y con diferentes diámetros 8-12,5 mm y 5-8 mm, respectivamente, el rendimiento del tratamiento de DBO y DQO todavía está en el mismo orden de magnitud alrededor del 90%. Se concluye que la naturaleza del filtro natural no juega

ningún papel en la mejora del rendimiento de DBO y DQO, por el contrario, los tamaños de partícula dan una diferencia significativa en la eficiencia del tratamiento de DBO y DQO a favor del tamaño de partícula pequeña (Loehr, 2016).

En el marco de la política de conservación ambiental y la disminución del costo del proceso de tratamiento, los rendimientos de DQO y DBO obtenidos después del tratamiento mediante el uso de diferentes filtros con diferentes tamaños de partículas dan valores por debajo de los valores estándar iguales a 120 mg / l para DQO y 35 mg / l para DBO, respectivamente, (MRHA, 2018).

Cocotero, cuyo nombre científico es (*Cocos nucifera*) y conocido comúnmente como palma de coco, su origen nativo de las islas del pacifico, y hoy en día cultivada en todos los trópicos y la encontramos en todas las islas tropicales, constituido por un tronco monoico de tronco único, con frecuencia inclinado, de 10-20 m de altura y de 50 cm de grosor en la base, tiene hojas pinnadas, de 1.5-4m de longitud, con foliolos coriáceos de 50-70cm de longitud, de color verde amarillento (Roshell, 2019).

En la actualidad se acepta como clasificación taxonómica de la caña de azúcar el siguiente esquema:

Coco	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliatae</i>
Orden	<i>Arecales</i>
Familia	<i>Areceaceae (Palmae)</i>
Género	<i>Cocos</i>
Especie	<i>Cocos nucifera</i>

Tabla: (Roshell, 2015)

Caña de azúcar perteneciente al grupo de las herbáceas, vivaces, de tallo leñoso de un género (*Saccharum*) de la familia de las gramíneas (*Gramineae*), originaria de la Melanesia y cuya especie fundamental es *Saccharum officinarum*, fue introducida en Cuba por el año 1535 desde Santo Domingo, la caña de azúcar se cultiva mucho en países tropicales y subtropicales de todo el mundo por el azúcar que contiene en los tallos, formados por numerosos nudos, es un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, la caña alcanza entre 3 y 6 m de altura y entre 2 y 5 cm de diámetro. (Roshell, 2015).

En la actualidad se acepta como clasificación taxonómica de la caña de azúcar el siguiente esquema:

Caña de azúcar	
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Cormobionta</i>
División	<i>Magnoliophytina</i>
Clase	<i>Liliatae</i>
Orden	<i>Poale</i>
Familia	<i>Poaceae (Gramineae)</i>
Tribu	<i>Andropogonoidea</i>
Género	<i>Saccharum</i>
Especie	<i>Saccharum officinarum L.</i>

Tabla:(Roshell,2015).

3.2 Marco legal

3.2.1 Ley de la Constitución Política de la República del Ecuador (2008)

La Constitución de la República del Ecuador, tiene bien definido el derecho que tiene todo ciudadano de vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación, estableciendo las restricciones al ejercicio de determinados derechos y libertades, para la protección del medio ambiente, quedando indicado:

Capítulo II, Derechos del Buen vivir, Sección II.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumakawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético el país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (p.4).

Capítulo VII, Derechos de la Naturaleza.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza (p.7).

Art. 411.- Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua (p.23).

3.2.2 Ley de Gestión Ambiental

Art. 33.- Establecen como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, 40 evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento (p.34).

3.2.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Artículo 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

- a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares;
- b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad,
- c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico;
- d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
- e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos (p.54).

3.2.4 Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA)

Art. 69.- Permisos de descarga, emisiones y vertidos De verificar la entidad ambiental de control que el plan de manejo ambiental se ha cumplido con normalidad, extenderá el permiso de descarga, emisiones y vertidos, previo el pago de los derechos fijados para el efecto (p.25).

Art. 72.- Muestreo En la toma de muestras se observarán además de las disposiciones establecidas en el plan de manejo ambiental del regulado (programa de monitoreo) las disposiciones sobre:

-Tipo y frecuencia de muestreo.

-Procedimientos o Métodos de muestreo.

-Tipos de envases y procedimientos de preservación para la muestra de acuerdo a los parámetros a analizar ex situ, que deberán hacerse en base a las normas técnicas ecuatorianas o en su defecto a normas o estándares aceptados en el ámbito internacional, debiendo existir un protocolo de custodia de las muestras (p.38).

Art. 73.- Control de Calidad Los procedimientos de control de calidad analítica y métodos de análisis empleados en la caracterización de las emisiones, descargas y 41vertidos, control de los procesos de tratamiento, monitoreo y vigilancia de la calidad del recurso, serán los indicados en las respectivas normas técnicas ecuatorianas o en su defecto estándares aceptados en el ámbito internacional. Los análisis se realizarán en laboratorios acreditados (p.26).

Art. 74.- Muestras y Parámetros IN-SITU Para la toma de muestras y la determinación de parámetros en el lugar de las descargas y vertidos, el regulado deberá disponer de sitios adecuados para muestreo y aforo de los mismos y

proporcionará todas las facilidades y datos de utilización de materia prima, productos químicos y producción, para que el personal técnico encargado del control, pueda efectuar su trabajo conforme a lo establecido en las normas técnicas ambientales. En toda caracterización de descargas, emisiones o vertidos deberá constar las respectivas condiciones de operación bajo las cuales fueron tomadas las muestras (p.35).

Libro VI Anexo 1 “Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes:

Recurso Agua

Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua.

Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuera su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser moduladores para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en el caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público.

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

Literal. - d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis. Se prohíbe la descarga hacia el sistema de alcantarillado de residuos líquidos no tratados, que contengan restos de aceite lubricante, grasas, etc., provenientes de los talleres mecánicos, vulcanizadoras, restaurantes y hoteles.

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos de la tabla 11.

3.2.5 Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (1215)

Art. 29.- Manejo y tratamiento de descargas líquidas. - Toda instalación, incluyendo centros de distribución, sean nuevos o remodelados, así como las plataformas off-shore, deberán contar con un sistema convenientemente segregado de drenaje, de forma que se realice un tratamiento específico por separado de aguas lluvias y de escorrentías, aguas grises y negras y efluentes residuales para garantizar su adecuada disposición.

Deberán disponer de separadores agua-aceite o separadores API ubicados estratégicamente y piscinas de recolección, para contener y tratar cualquier derrame, así como para tratar las aguas contaminadas que salen de los servicios de lavado, lubricación y cambio de aceites, y evitar la contaminación del ambiente (p.44).

Art. 82.- Registros sobre Grasas y Aceites Lubricantes. - Todo establecimiento, centros de distribución o estación de servicio que expende grasas, aceites, lubricantes y prestan servicios de lubricación como cambio de aceite de motor, lavado y engrasado de automotores deberá llevar un registro de sus proveedores, de las cantidades de grasas y aceites lubricantes que maneja y de la disposición final que hace de los desechos (p.57).

3.3. Análisis de resultados

A continuación, se presentan los resultados bibliográficos cuantitativos obtenidos luego de aplicar las respectivas metodologías.

3.3.1 Parámetros comparativos de biofiltros

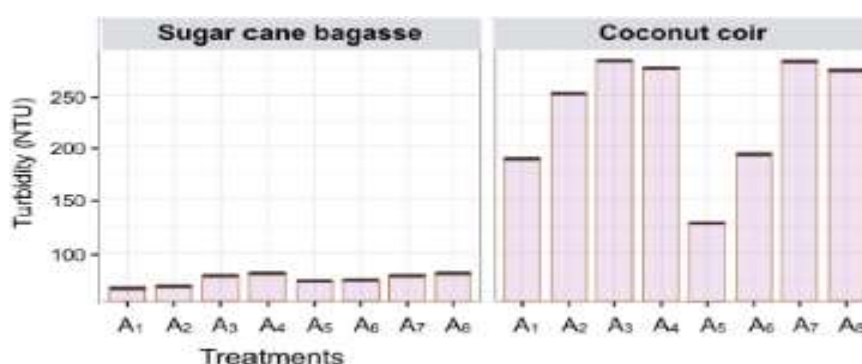


Figura 1. Parámetros físicos de turbidez en agua residuales de centros mecánicos.

Castillo, 2016.

Los tratamientos para el experimento bioadsorción según CFRD – dosificación, concentraciones y sus tamaños de partícula:

Tratamientos	Tamaño de part.	Dosificación L	Dosificación en g	NTU bagazo de caña	NTU estopa de coco
A1	5 mm	1 l	1 g	25	175
A2	1,5 mm	1 l	1 g	45	250
A3	0,5 mm	1 l	3 g	56	275
A4	1,5 mm	1 l	3 g	67	266
A5	0,3 mm	1 l	0,6 g	53	150
A6	1,5 mm	1 l	0,6 g	56	200
A7	0,3 mm	1 l	3 g	67	175
A8	1,5 mm	1 l	3 g	76	165

Tabla: (Castillo, 2016)

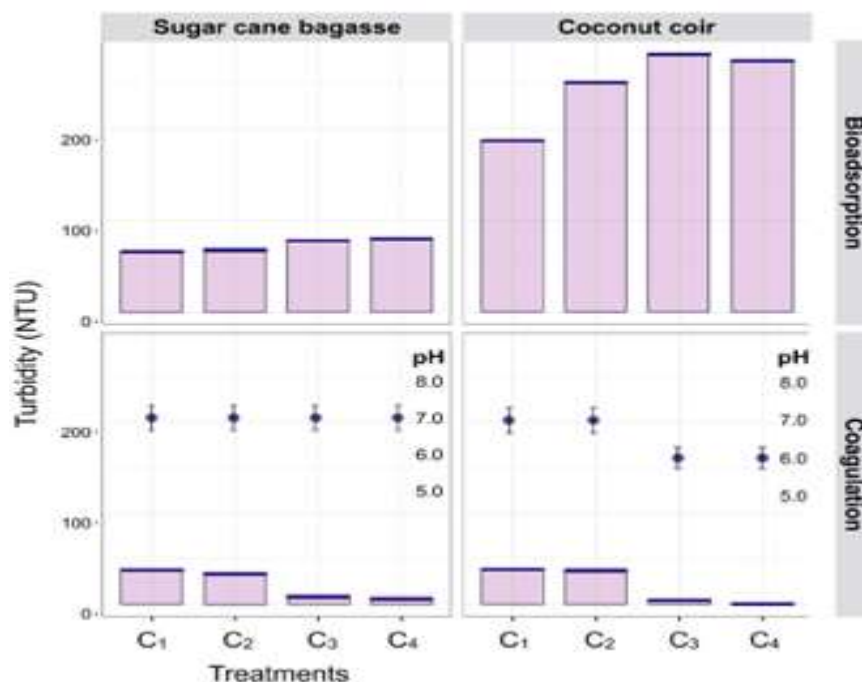


Figura 2. Parámetros físicos de turbidez y PH en agua residual de centros mecánicos con disminución de malla biomolecular a (0,2mm) y (0,3 mm).

Castillo, 2016.

Parámetros físicos en la disminución de tamaño de malla molecular.

Tratamientos	Tamaño de part.	Dosificación en L	Dosificación en g	Ph BCA	Ph EC
C1	0,2 mm	1 l	0,6 g	7,0	7,0
C2	0,2 mm	1 l	0,6 g	7,0	7,0
C3	0,3 mm	1 l	0,6 g	7,0	7,0
C4	0,3 mm	1 l	0,6 g	7,0	7,0

Tabla: (Castillo, 2016)

La Figura 2 muestra la interacción de dos factores: dosis adsorbentes y su tamaño de malla de las partículas. La alta remoción de separación de la turbidez se alcanzó a dosis bajas de bagazo de caña y fibra de coco ($0,6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) y disminución del diámetro de malla a (0,2mm) y (0,3 mm); es decir, un tamaño de partícula más pequeño de adsorbente aumenta el área de superficie de contacto, disminuye las fuerzas de

arrastre y por lo tanto las fuerzas de aglomeración se han mejorado para adsorber microgotas de aceite.

Estudios a nivel mundial sobre la utilización de adsorbentes naturales en el tratamiento de aguas residuales.

País	Material adsorbente	Remoción	Eficiencia	Referencia
Cuba	Bagazo de caña de azúcar	Aceite	90 %	(Armada, Barquinero y Capote, 2008, pp. 96–99)
Paquistán	Fibra de coco	Plomo	96,91%	(Khalid y Rahman, 2010, pp. 2104–2112)
Sudáfrica	Cascara de coco	Cromo	90%	(Kumar y Meikap, 2014, pp. 3122–3132)
Libia	Aserrín	Zinc	45%	(Hashem, Elhmmali, Hussein y Senousi, 2006, pp. 821–827)
Argelia	Aserrín	Zinc	50%	(Bouziane, Bendebane, Ismail y Delimi, 2012, pp. 189–199)
India	Aserrín	Colorante azul de metileno	98%	(Raghuvanshi, Singh, Kaushik, pp. 329–339)
Brasil	Biomasa de alga marina	Hierro y cobre en aceites lubricantes	Fe: 37% Cu: 31%	(Moreira et al., 2008, pp. 57–68)

Tabla: (Zamora, 2017)

Resultados de turbidez obtenidos

No. De tratamiento	Replicas	Bagazo	Coco
1	1	65,9	188,8
	2	64,1	188,3
	3	65,8	187,8
2	1	68,6	250,9
	2	68,1	251,7
	3	67,9	251,5
3	1	77,7	282,6
	2	78,2	282,8
	3	78,4	283,7
4	1	79,7	274,5
	2	79,8	275,6
	3	80,1	276,7

Tabla: (Martillo, 2018)

Resumen del análisis de varianza para la turbidez

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Bagazo	12	874,3	72,858333	42,766288
Coco	12	2994,9	249,575	1515,2493

Tabla: (Martillo, 2018)

En el este trabajo se llegó a la conclusión sobre las características adsorbentes de cada célula vegetal que se utilizó en el tratamiento de agua residuales en centros mecánicos, los cuales dieron resultados muy favorables en la remoción de partículas coloidales, dependiendo la estructura de porosidad del carbón y dosificación tanto en soluto como en solución, entre los dos tratamientos que se utilizaron a pesar de su eficaz resultado, hubieron variables que predeterminaron mejores resultados, dando como mejor el bagazo de caña de azúcar, ya que tuvo una mejor remoción de solidos los cuales influyeron en el cambio de variables como PH, turbidez y conductividad eléctrica, de esta manera se propone como alternativa el uso del bagazo de caña en escala piloto para tratamientos de agua residuales con contenido de aceites y metales pesados que generan los centros mecánicos, para la obtención de la materia prima

resulta una opción muy económica, ya que es un material residual que se obtiene de la separación del extracto (jugo) con el bagazo, muchas empresas y microempresas lo desechan como material obsoleto sin saber la importancia que genera en el ambiente.

4. Conclusiones

En este estudio monográfico se analizó que el bagazo de caña de azúcar tiene mejor capacidad que la estopa de coco en remover partículas coloidales suspendidas en aguas residuales de lavadoras mecánicas.

En la tabulación de datos se obtuvieron resultados muy significativos con respecto a datos cuantitativos de parámetros físicos, dando como resultados más favorables el bagazo de caña, En ambos tratamientos, el pH se redujo de 08,05 a 07,07.

El bagazo de caña de azúcar aproximadamente obtuvo el 75% de remoción coloidal mientras que en la fibra de coco se redujo solo el 40% para que se constituya en la alternativa más eficiente para la remoción de contaminantes en lavadoras mecánicas.

5. Glosario

Contaminación por aceites lubricantes y detergentes

La contaminación del agua se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y composición química (TULSMA, 2015). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud OMS, (1989), el agua está contaminada cuando su estructura se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso que se le hubiera dado en su composición natural.

Coagulación – Floculación

Ambos son técnicas de separación de partículas, pero tienen una diferente terminología. La coagulación es un proceso en el que se desestabiliza los componentes de una suspensión o solución al superar las fuerzas que mantienen su estabilidad. Mientras que la floculación es el proceso en el cual se unen las partículas desestabilizadas, formando grandes partículas estables (Aguilar et al, 2018).

Estructura de los carbones activados

Los carbones activados tienen una estructura porosa con pequeñas cantidades de heteroátomos, principalmente oxígeno y pueden contener hasta 20% en peso de materia mineral, expresado como contenido de cenizas; la naturaleza de las cenizas depende del material de partida del carbón activado; normalmente un carbón activado está compuesto de placas de 2-5 nm de altura constituidas por unidades de 5 a 15 anillos aromáticos condensados, semejantes a la estructura de un grafito.

Fuentes de contaminación del agua

Existen fuentes de distintos tipos las naturales dependen del tipo de terreno o suelo por donde pasa el agua esta puede contener presencia de carbonatos, sales, mercurio, hidrocarburos entre otros y las fuentes artificiales son producidas por la acción interventora del hombre denominadas aguas residuales (OMS, 2016).

Las cuatro fuentes principales de aguas residuales son: fuentes domésticas o urbanas, fuentes industriales, agricultura y ganadería, pluviales (Ramalho, 2016).

Electrocoagulación

El proceso de electrocoagulación se define como una técnica en donde las partículas contaminantes suspendidas, emulsionadas o en un medio acuoso son desestabilizadas utilizando corriente eléctrica en el agua mediante placas metálicas que transportan la energía eléctrica pueden ser de distintos materiales una de las más utilizadas es el aluminio y el hierro los electrodos se pueden encontrar en un modo mono polar o bipolar (Chen, 2019).

Estabilidad coloidal

Es la tendencia a que las partículas coloidales se mantengan en suspensión. Los sistemas coloidales pueden clasificarse en dos grandes grupos: Reversible e Irreversible. los coloides Irreversibles se clasifican en: diurnales y caducos. Las interacciones entre partículas dan como resultado la estabilidad de los sistemas coloidales Aguilar, Sáez, Lloréns, y Soler, (2020). En tratamientos de aguas residuales, la coagulación corresponde al agregado de coloides inestables (irreversibles).

Aguas residuales

Según Quivera, (2019) las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos.

Aguas residuales domésticas o aguas negras

Proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.

Aguas blancas

Pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.

Aguas residuales industriales

Proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

Aguas residuales agrícolas

Procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

Lavadoras y lubricadoras de autos

Las actividades de lavado y lubricación de automotores generan una serie de contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos, tales como: ruido, polvo, pinturas, aceites y sustancias inflamables, químicos, polvos, vapores y gases. De entre los cuales son especialmente contaminantes los hidrocarburos de petróleo y derivados

Turbidez

La turbidez, una medida del grado de transparencia en líquidos, ha sido reconocida como un indicador simple y básico de la calidad del agua. Se ha utilizado para controlar el agua potable, incluida la producida por filtración durante décadas.

Coco

El coco es una fruta (drupa) obtenida principalmente de la especie tropical cocotero (*Cocos nucifera*), la palmera más cultivada a nivel mundial. Tiene una cáscara exterior gruesa (exocarpio) y un mesocarpio fibroso y otra interior dura, vellosa y marrón (endocarpio) que tiene adherida la pulpa (endospermo), que es blanca y aromática. Mide de 20 a 30 cm y llega a pesar 2.6 kg

Estopa de coco

De ella se extrae fibra para elaborar pitas, alfombras, sacos, etc. El polvo de la estopa se usa como fertilizante y para enmendar suelos arenosos ya que mejora el poder de retención de agua y la textura.

Caña de azúcar

Saccharum officinarum, habitualmente conocida como caña de azúcar, cañaduz o simplemente caña, es una especie de planta perteneciente a la familia de las poáceas.

Bagazo de caña de azúcar

El bagazo es el residuo del proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña, el remanente de los tallos de la caña después de ser extraído el jugo azucarado que ésta

contiene; se ha empleado tradicionalmente en los países azucareros como materia prima para la producción de energía en las calderas de los ingenios.

Aguas residuales Industriales Aceitosas

Aguas provenientes de procesos industriales, con altos contenidos de aceites o grasas Metcalf (2021) afirma: “La composición de las aguas residuales industriales varía y depende del proceso industrial del cuál provengan, y aún para un mismo proceso presentan características diferentes”. Su composición revela el tipo de materia prima utilizada en el proceso, en el caso de aguas residuales aceitosas mayormente son resultado de procesos de producción de lubricantes y posterior utilización en el sector automotriz.

Proceso físico – químico para el tratamiento de aguas residuales

En la depuración de aguas residuales industriales es habitual realizar tratamientos físico – químicos previo a su descarga final. El tamaño de las partículas que contaminan el agua es variado, la presencia de sólidos de gran tamaño se puede apreciar a simple vista o dejando la suspensión en reposo. Sin embargo, existen partículas más finas llamadas coloides, éstas poseen un tamaño reducido y presentan una gran estabilidad en el agua.

Debido a esta estabilidad la que es causada porque las partículas tienen carga electrostática lo que impide que se aglomeren y se sedimenten, es difícil separarlas por métodos de flotación o decantación. El tratamiento de aguas residuales mediante procesos físico – químicos permite la separación de estas partículas mediante la adición de químicos alterando el estado físico de las mismas. Para romper la estabilidad y realizar la separación de las partículas coloidales es necesario realizar operaciones de coagulación o floculación.

6. Bibliografía

Aguilar, (2021). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Murcia: Universidad de Murcia.

Aislable, (2016). *Enumeration of hydrocarbon degrading in the environment. Microbial ecology: fundamentals and applications* (Segunda ed.).

AlasPeruvianUniversity.(2010).CourseHero.Obtenidode<https://www.coursehero.com/file/13118473/depuracion-de-aguas-residuales/>

Álvarez,F.(2016).Obtenidodehttp://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/27_12_49_7.pdf

API, (2020). *"Used Oil/HHW Conference" "Building Hope for Healthy Communities, One Action at a Time"*. San Diego, California.

Arcos, (2019). *Remediación de lodos aceitosos de la Refinería Estatal de Esmeraldas mediante compostaje, empleando residuos domésticos en calidad de fuente de nutrientes*. Universidad de las Américas, Quito.

Arner.(2017).Obtenidode<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1UoAofz469y6cKoKU-KncwuGe5JHcfhnC>

Arner, (2018). La Política de Gestión de Residuos: Los Aceites Usados. *Revista de Economía Aplicada*, 81.

AtrialInnovation.(2019).*AtrialInnovation*.Obtenidodehttp://atriainnovation.com/tecnologias/valorizacion_residuos/

Banchon, (2016). Chemical Interactions To Cleanup Highly Polluted Automobile Service Station Wastewater By Bioadsorption-Coagulation-Flocculation. *Journal of Ecological Engineering*, 1-10.

- Cajas. (2017). *Biblioteca virtual de la Universidad de Cotopaxi*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4225>
- Castillo. (2016). Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27238>
- Cempre.(2016). *CempreUruguay*. Obtenidodehttp://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=97
- Chen, (2015). Electrochemical technologies in wastewater treatment. 11-41.
- Ciudad.(2019). *Scielo*. Obtenidodehttp://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000300011
- Coagunor.(2021). Obtenidode<http://conred.gob.gt/www/normas/NRD3/NTG41010h19.pdf>
- CONCEPTO. (2016). Obtenido de <https://concepto.de/metodos-de-investigacion/>
- CondorchemEnvitech.(2016). *CondorchemEnvitech*. Obtenidode<http://blog.condorchem.com/tratamiento-de-emulsiones/>
- Dussán, (2019). Aproximaciones Biológicas y físicoquímicas en el tratamiento de contaminantes: un resumen de la Universidad de los Andes. *Dossier*, 100 - 111.
- ECONOPEDIA. (2017). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/metodo-analitico.html>
- FAO.(2016). Obtenidodehttp://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html?lang=es&keywords=Agua+residual&submit=Buscar&subjectId=-1&submitBtn=-1&_p=100&termId=-1
- Ferrara, (2020). *Análisis de la sedimentabilidad de los lodos biológicos producidos en unRCSduranteladesnitrificacióndeunefluentedeunbiorreactordecrecimientoadh*erido. ObtenidodeScielo:<http://www.scielo.org.ve/pdf/rfiucv/v28n1/art05.pdf>

- Flottweg.(2015).Obtenidode https://www.flottweg.com/fileadmin/user_upload/data/pdf-downloads/Oelschlamm-ES.pdf
- Fogler, (2020). *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas*. Prentice Hall.
- GESTIOPOLIS, (2020). Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/tipos-estudio-metodos-investigacion/>
- Gil, (2015). Contaminantes Emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción más Limpia*, VI(2),52-73.Obtenidode<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Goldblatt, (2019). *New Polyelectrolyte Emulsion Breaker*.
- Gómez, (2015). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/11051643.pdf>
- Haenel.(2020).Obtenidode<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1UoAofz469y6cKoKU-KncwuGe5JHcfhnC>
- HuaWei,(2018). *IOPscience*.Obtenidode<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0957-0233/19/8/085406/meta>
- Juntgen.(2016).Obtenidode<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1UoAofz469y6cKoKU-KncwuGe5JHcfhnC>
- Lange, (2021). *Handbook of Chemistry*. Nueva York: Mc.Graw-Hill Book Company, Inc.
- Marsh.(2017).Obtenidode<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1UoAofz469y6cKoKU-KncwuGe5JHcfhnC>
- Martínez (2019). *Tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación y coagulación convencional*. Universidad de Castilla - La Mancha, Departamento de Ingeniería Química. Ciudad Real: Ediciones de la Universidad de Castilla - La Mancha.

- Mertens, (2021). *Polyaluminum chloride with high Al₃₀ content as removal agent for arsenic-contaminated well water*. Obtenido de El Sevier: www.elsevier.com/locate/watres
- Metcalf, (2020). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. México D.F.: Mc. Graw Hill Interamericana Editores.
- Murciano,(2015). *Aceites lubricantes y aislantes*. Barcelona. Obtenido de <http://www.arbolesymedioambiente.es/aceite.html>
- OMS, (2016). *calidad del agua y saneamiento*.
- Ramalho. (2018). *Tratamiento de aguas Residuales*. Madrid,España: Reverté S.A.
- Repsol.(2016).Obtenidodehttps://www.repsol.com/es_es/energiainteligente/informate/que-es-la-valorizacion-energetica.aspx
- Reyes.(2016).*Scielo*.Obtenidodehttp://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000300041
- Romero, (2021). *Tratamientos de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*.
- Salas, (2020). Tratamiento por Oxidación Avanzada (Reacción Fenton) de Aguas Residuales de la Industria Textil. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*.
- Seónez, (2021). *Tratado de recicladas y recuperación de los productos de los residuos*.
- Sundararaman, (2019). *Decolorization and COD Removal of Reactive Yellow 16 by Fenton Oxidation and Comparison of Dye Removal with Photo Fenton and Sono Fenton Process*. India.
- TULSMA, (2015). *DISEÑO DE UN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LUBRICADO*.

- UNESCO. (2018). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. París, Francia: Mundi Prensa. Obtenido de <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
- UNIR,(2018).Obtenidode<http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/ss/wp-content/uploads/2018/10/12.pdf>
- Uson. (2016). Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19121/Anexo.pdf>
- Vázquez, (2020). *Gestión Integral del aceite automotor reciclable en Cuenca*. Cuenca.
- Vazquéz, (2019). Environmental impact of used motor oil. *Science of The Total Environment*, 1-23.
- Vega.(2019).*UniversidadCezarVallejo*.Obtenidode<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49354>
- Vilchez.(2019).*ALICIA*.Obtenidodehttps://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_b52d34bf325fdc34d3a46d1c322cffb8
- Zamora, (2018). Efecto de la contaminación por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas de un suelo de sabana. *Bioagro*, 5-12

