



**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**Tesis**

**Eficiencia del carbón activado de endocarpio de  
“coco”, en la adsorción de contaminantes  
químicos del lixiviado del Botadero Municipal de  
Yacucatina**

**Para optar el grado académico de Maestra en Ciencias con mención en  
Gestión Ambiental**

**Autora:**

**Liz Jessy Maldonado Lozano**

<https://orcid.org/0009-0008-4291-770X>

**Asesor:**

**Dr. Wildoro, Ramírez Ramírez**

<https://orcid.org/0000-0002-1849-2782>

**Tarapoto, Perú**

**2023**



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**ESCUELA DE POSGRADO**  
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

# **Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina**

Para optar el grado académico de Maestra en Ciencias con mención en  
Gestión Ambiental

**Autora:**

Liz Jessy Maldonado Lozano  
<https://orcid.org/00009-0009-4291-770X>

**Asesor:**

Dr. Wildoro Ramírez Ramírez  
<https://orcid.org/0000-0002-1849-2782>

**Tarapoto, Perú**

**2023**



**ESCUELA DE POSGRADO**  
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

# **Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina**

Para optar el grado académico de Maestra en Ciencias con mención en  
Gestión Ambiental

**Autora:**

Liz Jessy Maldonado Lozano  
<https://orcid.org/00009-0009-4291-770X>

**Asesor:**

Dr. Wildoro Ramírez Ramírez  
<https://orcid.org/0000-0002-1849-2782>

**Tarapoto, Perú**

**2023**



**ESCUELA DE POSGRADO**  
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

# **Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina**

Para optar el grado académico de Maestra en Ciencias con mención en  
Gestión Ambiental

**Presentado por**

Liz Jessy Maldonado Lozano

**Sustentado y aprobado el 06 de febrero de 2023, ante el honorable jurado:**

**Presidente de Jurado**  
Ing. M.Sc. Enrique Terleira García

**Secretario de Jurado**  
Ing. M.Sc. Cicerón Tuanama Reátegui

**Vocal de Jurado**  
Ing. M.Sc. Víctor Chappa Santa María

**Aseñor:**  
Dr. Wildoro Ramírez Ramírez

Tarapoto, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-T



## Escuela de Posgrado

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Tesis, modo presencial, presentado por:

**Bach. Liz Jessy Maldonado Lozano.**

Con el asesoramiento del Dr. Wildoro Ramírez Ramírez.

**"EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE ENDOCARPIO DE COCO, EN LA ADSORCIÓN DE CONTAMINANTES QUÍMICOS DEL LIXIVIADO DEL BOTADERO MUNICIPAL DE YACUCATINA"**

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante, lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo (\*)

BUENO (16)

En consecuencia, queda en condición de ser considerado APTO por el Consejo Universitario y recibir el Grado Académico de Maestro, de conformidad con lo estipulado en el Artículo 30° del Reglamento de Tesis de la Escuela de Posgrado de la UNSM-T.

Tarapoto, 06 de febrero de 2023.

Ing. M.Sc. ENRIQUE TERLEIRA GARCÍA  
Presidente

Ing. M.Sc. CICERÓN TUANAMA REÁTEGUI  
Secretario

Ing. M.Sc. VÍCTOR CHAPPA SANTA MARÍA  
Miembro

Dr. WILDORO RAMÍREZ RAMÍREZ  
Asesor

(\*) De acuerdo con el Artículo 40° del Reglamento General de Ciencia, Tecnología e Innovación (RG - CTI) la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, estas deberán ser calificadas con términos de: BUENO, MUY BUENO, EXCELENTE, también considerar la nota





**ESCUELA DE POSGRADO**  
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

# **Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina**

Para optar el grado académico de Maestra en Ciencias con mención en  
Gestión Ambiental

Los suscritos declaran que el presente trabajo de investigación es original en  
su contenido y en su forma:

**Tesista**

Liz Jessy Maldonado Lozano

**Asesor:**

Dr. Wildoro Ramírez Ramírez

Tarapoto, Perú

2023

## Declaratoria de autenticidad

**Liz Jessy Maldonado Lozano**, con DNI N° 40820300, egresada de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Martín, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ecología, Programa de Maestría en Ciencias con mención en Gestión Ambiental, con la tesis titulada: **“Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerar como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 06 de febrero de 2023



.....  
**Liz Jessy Maldonado Lozano**

DNI N° 40820300

## Ficha de identificación

<p><b>Título del proyecto</b></p> <p>“Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina”</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Gestión ambiental  <b>Línea de investigación:</b> Socio – Manejo de Residuos  <b>Sub línea de investigación:</b> Manejo Integrado de Residuos  <b>Grupo de investigación:</b> Manejo de residuos.  <b>Tipo de investigación:</b>            Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
---	--

<p><b>Autora:</b></p> <p>Liz Jessy Maldonado Lozano</p>	<p>Facultad de Ecología            Programa de estudios de maestría en Ciencias con mención en Gestión Ambiental  <a href="https://orcid.org/00009-0009-4291-770X">https://orcid.org/00009-0009-4291-770X</a></p>
---	---

<p><b>Asesor:</b></p> <p>Dr. Wildoro Ramírez Ramírez</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b>            Facultad de Ecología  <a href="https://orcid.org/0000-0002-1849-2782">https://orcid.org/0000-0002-1849-2782</a></p>
--	--

## Dedicatoria

A mi hija **Jashia Tayil**, eres el mejor regalo que haya podido recibir de Dios, eres mi orgullo y mayor tesoro gracias por tu apoyo, por tu amor, por siempre creer en mí.

A mi hijo **Thiago Andree**, por trasmitirme tu alegría y tus muestras de cariño, que me motivan a dar lo mejor de mí.

**Liz Jessy Maldonado Lozano**

## **Agradecimientos**

A Dios, siempre has estado conmigo ayudándome a enfrentar cualquier adversidad, vigilando mis pasos y dándome oportunidades que nunca imaginaba. También me has hecho participe de pruebas que me dejan lecciones para no errar después.

A mi asesor de tesis Dr. Wildoro Ramírez Ramírez, por su constante motivación, a seguir con este proyecto profesional y personal.

A coasesor de tesis Dr. Yrwin Azabache Liza, por su paciencia y por todas sus aportaciones para mejorar como profesional, y por la confianza y responsabilidad para llevar a cabo este proyecto.

A los profesores, por impartirme valiosos conocimientos que pude aplicar en este proyecto y que me servirán en mi carrera profesional.

A mi familia y todos mis amigos que conocí dentro del aula de clases, porque siempre inyectaron animo a mi persona para terminar este proyecto.

## Índice general

Ficha de identificación .....	7
Dedicatoria .....	8
Agradecimientos .....	9
Índice general .....	10
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
Lista de siglas y abreviaturas .....	13
RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN .....	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. Antecedentes de la investigación .....	18
2.2. Bases teóricas .....	20
2.3. Definición de términos básicos .....	27
CAPÍTULO III MATERIAL Y MÉTODOS .....	29
3.1. Tipo y nivel de investigación .....	29
3.2. Población y muestra .....	29
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	30
3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	30
3.5. Materiales y métodos .....	30
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	35
4.1. Resultados .....	35
4.2. Discusiones .....	50
CONCLUSIONES .....	52
RECOMENDACIONES .....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
ANEXOS .....	58

## Índice de tablas

Tabla 1 <i>Materiales, Equipos y Reactivos</i> .....	30
Tabla 2 <i>Resultados iniciales M1, M2 y M3</i> .....	35
Tabla 3 <i>Calidad del agua residual del efluente del lixiviado</i> .....	36
Tabla 4 <i>Condiciones</i> .....	37
Tabla 5 <i>Ensayo N°1</i> .....	37
Tabla 6 <i>Ensayo N°2</i> .....	38
Tabla 7 <i>Ensayo N°3</i> .....	39
Tabla 8 <i>Ensayo N°4</i> .....	40
Tabla 9 <i>Ensayo N°5</i> .....	41
Tabla 10 <i>Ensayo N°6</i> .....	42
Tabla 11 <i>Resultados de la DBO<sub>5</sub> con la aplicación del carbón activado</i> .....	43
Tabla 12 <i>Resultados de la DQO con la aplicación del carbón activado</i> .....	44
Tabla 13 <i>Resultados de los nitratos con la aplicación del carbón activado</i> .....	44
Tabla 14 <i>Resultados de los fosfatos con la aplicación del carbón activado</i> .....	45
Tabla 15 <i>Resultados del pH con la aplicación del carbón activado</i> .....	46
Tabla 16 <i>Resumen de eficiencia (%) del carbón activado en todos los ensayos</i> .....	46
Tabla 17 <i>Comparación resultados ensayo N°2 – normativa nacional e internacional</i> .....	47
Tabla 18 <i>Comparación resultados ensayo N°4 – normativa nacional e internacional</i> .....	47
Tabla 19 <i>Comparación resultados ensayo N°6 – normativa nacional e internacional</i> .....	48
Tabla 20 <i>Estadística de pruebas emparejadas (SPSS)</i> .....	49
Tabla 21 <i>Cálculo de la significancia para cada parámetro</i> .....	49

## Índice de figuras

Figura 1. Metodología para la producción de carbón activado .....	22
Figura 2. Mezcla a temperatura ambiente / peso 2.5 gr .....	38
Figura 3. Mezcla a temperatura ambiente / peso 5.0 gr .....	39
Figura 4. Mezcla a 50°C / peso 2.0 gr .....	40
Figura 5. Mezcla a 50°C / peso 5.0 gr .....	41
Figura 6. Mezcla a 100°C / peso 2.5 gr .....	42
Figura 7. Mezcla a 100°C / peso 5.00 gr .....	43

## Lista de siglas y abreviaturas

DBO:	Demanda biológica de oxígeno
DQO:	Demanda química de oxígeno
LMP:	Límites máximos permisibles
MINAM:	Ministerio del ambiente
PH:	Potencial del hidrógeno

## RESUMEN

### Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina

A escala internacional las elevadas cantidades de residuos sólidos, líquidos y gaseosos generados por las actividades antropogénicas originados del sector urbano y del sector industrial, por lo general, no reciben el tratamiento adecuado o simplemente son vertidos al ambiente con su composición original, a las redes de alcantarillado o a las fuentes naturales de agua; esta mala práctica de las sociedades representa un gran riesgo para la salud pública y el estado ambiental del ecosistema. En el Perú, existen 143 plantas, las cuales sólo tratan al 29.01% de aguas residuales producidas en el país; sólo el 14% recibe el tratamiento correcto. Debido a este aspecto, la presente investigación buscó, mediante la aplicación de un residuo lignocelulósico, extraer y/o eliminar contaminantes que se hallan en los lixiviados del botadero municipal de Yacucatina, para lo cual se aplicaron diversos ensayos, con la finalidad de encontrar aquel que contenía las condiciones más optimas al momento de emplear el carbón activado elaborado del endocarpio de coco. Así mismo se realizó la caracterización de las aguas provenientes del lixiviado del botadero municipal y luego fueron comparadas con los LMP y la normativa internacional, obteniendo un exceso del 144% con respecto a la DBO<sub>5</sub>, los nitratos también mostraron un exceso del 210% con respecto a la normativa mexicana, finalmente, el pH se excedía en unas cuantas unidades. Los parámetros DQO y fosfatos si cumplieron con los rangos establecidos. Se concluyó que el ensayo con las mejores condiciones fue el N°4 en la cual se empleó 5.0 gr del producto a una temperatura de 50°C y 60 revoluciones por minuto de velocidad de agitación. Los resultados de eficiencia que se obtuvieron fueron: 85.26% en DBO<sub>5</sub>, nitratos 89.57%, 2.31% fosfatos, 18.58% pH, la DQO no mostró resultados de eficiencia. Se determinó que los resultados obtenidos en el tratamiento, empleando carbón activado comercial de endocarpio de coco, si cumplen con lo establecido en los LMP, según la normativa peruana y en la normativa internacional.

**Palabras clave:** Agua residual, carbón activado, lixiviado, endocarpio de coco.

## ABSTRACT

### Efficiency of coconut endocarp activated carbon in the adsorption of chemical pollutants from the leachate of the Yacucatina Municipal Landfill

Worldwide, large volumes of effluents from the urban and industrial sectors generally do not receive the correct treatment or are simply dumped in their original composition into sewage networks or nearby natural water sources, which represents a great risk to public and environmental health. In Peru, there are 143 plants, which only treat 29.01% of the wastewater produced in the country; likewise, only 14% receives the correct treatment. Due to this, the present research sought to use a lignocellulosic residue to extract and/or eliminate contaminants found in the leachates of the municipal dump of Yacucatina, for which several tests were applied in order to find the one that contained the most optimal conditions at the time of using activated carbon made from coconut endocarp. The water from the leachate from the Yacucatina municipal dump was also characterized and then compared with the LMP and the Mexican and Chilean regulations, obtaining an excess of 144% with respect to BOD<sub>5</sub>; nitrates also showed an excess of 210% with respect to the Mexican regulations. The COD and phosphate parameters did comply with the established ranges. It was concluded that the test with the best conditions was No. 4 in which 5.0 g of the product was used at a temperature of 50°C and an agitation speed of 60 rpm, the efficiency results obtained were: 85.26% - BOD<sub>5</sub>, nitrates - 89.57%, 2.31% - phosphates, COD did not show efficiency results. Finally, it was determined that the results obtained in the treatment using coconut endocarp activated carbon do comply with the LMP and international regulations (Chile and Mexico).

**Key words:** Wastewater, activated carbon, leachate, coconut endocarp.



## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN**

Alrededor del mundo se generan al año, en promedio más de 2.100 millones de toneladas de residuos, lo cual equivale a la misma cantidad que se requiere para ocupar una cantidad superior a 800.000 piscinas olímpicas. Cabe indicar que los Estados Unidos de Norteamérica es el primer generador de residuos por individuo a nivel del planeta Tierra y deficiente en reciclaje (BBC, 2009).

La incorrecta administración de los desechos sólidos en el mundo, es un problema de mayor impacto para la humanidad, ya que provoca contaminación cuando esta se acumula o se administra inadecuadamente dejando de lado el lugar correcto que estos necesitan para ser depositados; teniendo en cuenta principalmente el suelo y agua que son los que más impacto reciben. A su vez la descomposición de los residuos orgánicos da origen a los lixiviados, los cuales impactan la superficie de la zona, por lo que este ambiente es el cuerpo receptor impactado en gran medida; de igual manera provocan alteraciones en la composición normal, todos estos acontecimientos se traducen en la alteración del suelo y agua (Díaz, 2018).

En el País, el manejo correcto de los desechos sólidos municipales impacta al ecosistema en gran manera, afectando la supervivencia de las futuras generaciones. Esta problemática se encuentra en crecimiento debido a que estamos acostumbrados al hábito del hiperconsumismo, y a su vez estamos imbuidos en una etapa de inconciencia y cultura ambiental, en nuestra colectividad la costumbre es el desechable. Se generan aproximadamente 23,000 toneladas de residuos por día y solo el 15% se logra reutilizar, sumado a esto solo se cuenta con 12 rellenos sanitarios legales, lo que genera que el 90% de los desechos finalice en los 1250 basureros ilegales en el país (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016).

Los residuos depositados en el botadero municipal de Yacucatina no son clasificados, ni caracterizados, existiendo un sin número de compuestos y/o elementos nocivos en el agua, suelo y salud del hombre, representados por la Demanda química y bioquímica de oxígeno, y metales pesados (Lozano, 2010).

Los lixiviados son líquidos acuosos, los cuales se encuentran constituidos por: aportes orgánicos disueltos, macro componentes y compuestos orgánicos xenobióticos (Christensen et al., 2001). En este sentido la remoción es considerada una alternativa para el tratamiento de las aguas contaminadas, por su reducido costo, sencilla aplicación, y

sobre todo por su capacidad de expulsar sustancias de baja concentración (HUA et al., 2012).

Debido a esto la cáscara de coco (*Cocos nucifera*), conocido como material lignocelulósico residual, viene a ser un adsorbente fácil de conseguir y de bajo costo, sus atributos reductores, sumado a la presencia de lignina y grupos funcionales, lo vuelven adecuado en la adsorción de metales pesados disueltos en solución a través de mecanismos de intercambio iónico (Dittert, 2014).

En este contexto, la presente investigación busca tratar esta problemática, a través de la aplicación de un residuo lignocelulósico para extraer y/o eliminar contaminantes que se hallan en los lixiviados del botadero municipal. Es por ello que se planteó el siguiente problema: ¿Cómo influye el carbón activado del endocarpio de coco en la adsorción de contaminantes químicos en los lixiviados del botadero municipal de Yacucatina? Por lo que se pretende determinar la eficiencia del carbón activado del endocarpio de “coco”, para la adsorción de contaminantes, del lixiviado del botadero municipal. Así mismo, los objetivos específicos fueron los siguientes: determinar las concentraciones de los contaminantes químicos (demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitratos, fosfatos, pH), en el lixiviado del botadero municipal, establecer las condiciones óptimas de temperatura, tiempo y cantidad de mezcla, para la adsorción de contaminantes químicos, en el lixiviado del botadero municipal de Yacucatina.

Teniendo en cuenta esta problemática se plantea opciones para la remoción en la adsorción de contaminantes químicos en el lixiviado del botadero municipal, utilizando carbón activado; la investigación se justificó por lo siguiente: evaluar la eficiencia del carbón activado de cáscara de coco (*Cocos nucifera*) para la remoción de contaminantes químicos en lixiviados del Botadero Municipal, para beneficiar a toda la población de la Provincia de San Martín, ya que el presente estudio permitió obtener el mejor tratamiento en comparación con la precipitación química, para remover contaminantes químicos en lixiviados, con el fin de minimizar la contaminación del agua y ser de complemento para posteriores investigaciones.

La investigación presenta tres capítulos iniciando con la revisión bibliográfica, la metodología y los materiales que se utilizaron para la realización de la tesis, y finalmente los resultados obtenidos de la experimentación de la investigación, seguidos de las discusiones y conclusiones.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### A nivel internacional

Rondón, Castillo & Miranda (2020), determinaron que el empleo de cáscara de coco como insumo en el proceso de tratabilidad del agua, con dimensiones de 2 mm de partícula, provocó una reducción de sólidos suspendidos de 170 mg/L a 53 mg/L, lo cual evidencia efectividad del 68,82 %. Por otro lado, la disminución del contenido de aceites en agua mostró una efectividad del 98,55 %; en base a los resultados la investigación concluyó que el material filtrante de origen orgánico, con dimensiones de partícula de 2 mm es una opción aceptable, la cual representaría una disminución en los costos de tratamiento.

Bravo & Garzón (2017), en su investigación analizó la efectividad del carbón activado elaborado de endocarpio de coco, para la eliminación de compuestos contaminantes contenidos en el agua; para lo cual obtuvieron 823,5g en total y emplearon 525g para los procesos experimentales. El esquema experimental era aleatorio en su totalidad y estaba basado en el desarrollo de 3 tratamientos con tres repeticiones cada uno, empleando pesos de 100, 50 y 25 gramos de este adsorbente, el cual era previamente filtrada en agua sintética, conformada con 1g de suelo limoso y 0,0025g de cloro. Se emplearon nueve filtros para el desarrollo experimental, así mismo se aplicaron análisis físicos al agua para evaluar parámetros como sólidos suspendidos.

Jiménez et al. (2017), estudiaron la elaboración de carbón activado a base de epicarpio de *attalea macrolepis* y su empleo en eliminación y/o reducción del contenido de  $Pb^{2+}$  en soluciones acuosas, concluyendo que los aspectos óptimos obtenidos para la eliminación y/o reducción de 70 % de iones  $Pb^{2+}$  (5 mg/L) fue la aplicación de un pH de 5 unidades, masa adsorbente de 150 mg, tiempo de contacto de 1h, velocidad de agitación de 1500 rpm y 25 ml. Mediante la aplicación de las isotermas se logró alcanzar un grado de adsorción de 0,500 mg/g. Los datos obtenidos evidenciaron que el carbón activado elaborado a base de epicarpio de *Attalea macrolepis* viene a ser una opción de tratamiento de remoción de mínimo costo y eco amigable y es efectivo para la eliminación de  $Pb^{2+}$  de sistemas acuosos.

Rojas, Gutiérrez & Colina (2016), caracterizaron carbón activado producido del resultado de los lodos, producto del agua residual de la planta de tratamiento; determinando el mejor

adsorbente resaltaba por su concentración de humedad, cenizas, densidad y pH. La muestra C<sub>35</sub> demostró una mayor capacidad de adsorción de colorante (88.44% de remoción y 43.48 mg de AM/g de C<sub>35</sub>). El DARG60 mostró 86.43% de remoción del AM. La cantidad de carbono en el adsorbente obtenido, se incrementó directamente proporcional al lodo avícola precursor. La concentración de hidrógeno se redujo en buena proporción (Lodo > Carbón). Las fotomicrografías SEM, mostraron la aparición de una estructura externa porosa en el carbón a diferencia del precursor. El FTIR mostró la presencia de diversas bandas asimétricas en el Carbón, pertenecientes a diversos grupos funcionales en la superficie de la misma, mostraron una estructura aromática a parte de grupos de OH.

Vizcaíno & Fuentes (2015), en su estudio lograron la bioadsorción significativa de Pb, Zn y Cd, a partir del uso de biomasa de cascara de tuna, naranja y alas rojas, donde la efectividad equitativa de las 3 biomásas para la expulsión de Cd y Pb, con valores que sobrepasan el 95%, por otro lado, el Zn se expulsó con mayor efectividad (62%) al utilizar una tuna modificada como adsorbente. Por último, el material se carbonizó a 700°C y con eso se obtuvo una ceniza estable frente a soluciones ácidas, lo cual asegura la captura de los metales removidos.

### **A nivel nacional**

Susanivar (2019), realizó el tratamiento de aguas contaminadas por la actividad minera mediante bioadsorción, concluyendo que la elaboración del carbón activado puede darse a partir de cualquier desecho orgánico, ya sea, cáscaras, epicarpios, etc., adicionando elevadas cantidades de carbono, a su vez, su activación se puede dar siempre y cuando se tenga disponibilidad económica debido a que la activación solo se puede generar de manera físico-química. Los CAs que se obtuvieron mostraron una alta porosidad, con una efectividad de adsorción de plomo (II) mayor a 95%, potencias de hidrógeno aproximadamente de 5 y a temperatura ambiente. Concluyendo que la bioadsorción puede ser una alternativa de reducción de los contenidos de plomo (II) en las aguas impactadas.

Yachas (2019), en su investigación estudió el nivel de eficiencia de adsorbente desarrollado de la cáscara de coco, y su capacidad de remoción de hierro y plomo en soluciones acuosas, logrando la obtención de datos e información de la aplicación del carbón activado de coco en las muestras de agua recolectadas y por último la obtención de los resultados del análisis de agua pre y post tratamiento en diferentes tiempos (1 y 1.5 horas). La investigación concluye que los resultados evidencian la aceptación de la hipótesis formulada, debido que al momento de su aplicación mostró una elevada

efectividad en la purificación y adsorción de los metales presentes en el agua que consumen estudiantes de la institución educativa.

## **A nivel local**

Lazo (2015), en su investigación analizó las etapas operacionales para la obtención de carbón activado de la cáscara de coco, aplicó el método de activación química, empleando sustancias químicas como el cloruro de zinc, el hidróxido de potasio, el ácido fosfórico y el ácido sulfúrico, una vez activos pasaron a ser carbonizados en una mufla de 500 a 1000 °C., del cual se obtuvo un carbón hidrofílico con porosidad ancha, lo que lo vuelve apto para aplicaciones en estado líquido. Aplicaron la prueba de filtración arrojando un buen resultado, así mismo se empleó una muestra turbia que sobrepasaba los 1000 NTU, desarrollando una filtración que alcanzaban los 2.29 NTU.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Concepto de carbón**

Mineral de composición orgánica conformado principalmente por átomos de carbono. Su desarrollo es producto de la condensación gradual de la materia de plantas, la cual se encuentra gradualmente descompuestas. Las plantas al degradarse dan pase a la formación de una capa mayormente conocida como turba. Existen tres tipos de carbón, los cuales se muestran a continuación (K.S.W. Sing, 2014).

- Lignito: Producto de la compresión de la turba, de bajo valor calórico (de desarrollo reciente), compuesta de < 30% de carbón, de aspecto quebradizo y pardo.
- Hulla: A partir de la compresión del lignito se genera esta sustancia de alto poder calórico, de concentración de 75% a 80 %, su uso principal es en las plantas de generación de energía, su aspecto es quebradizo y duro, de pigmentación.
- Antracita: Producto de la mejora de la hulla, de alto poder calórico, de menor impacto por generar menores cantidades de humo, de concentración de 95 %, de pigmentación negra brillante y de aspecto duro.

### **2.2.2. Concepto de carbón activado**

Compuesto que presenta estructura cristalina rectangular, es semejante a la composición del grafito y es poroso, alcanza desarrollarse superficies de orden de 1,500 m<sup>2</sup>/g (Marsh et al., 2006).

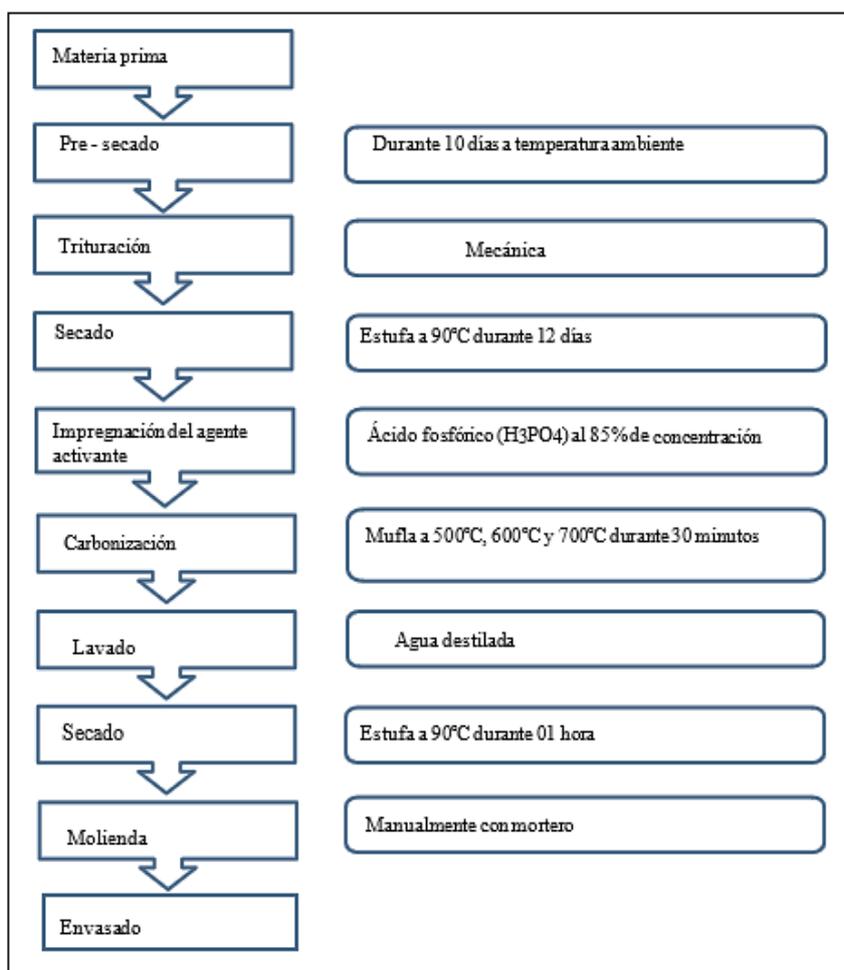
Todos los átomos de carbono cuando se encuentran en la superficie de un cristal tienen la capacidad de atraer moléculas de compuestos los cuales son causantes de colores, olores

y sabores indeseables; la única diferencia que se tiene con respecto al carbón activado, es que esta contiene mayor cantidad de átomos en la superficie las cuáles serán las encargadas de ejecutar la adsorción. La activación del carbón tiene mucho que ver con el incremento del área superficial, lo cual da pase al desarrollo de una estructura porosa. Cabe indicar que el área superficial del carbón es interna, por lo que, para remover las impurezas orgánicas causante de colores, olores y sabores indeseables, por lo general la adsorción con carbón activado viene a ser la técnica más económica y sencilla (Velasco, 2014).

Está conformado por poros que atrapan compuestos, por lo general de origen orgánico, presentes ya sean en un gas o en un líquido. Es tan efectivo que se emplea con frecuencia. Los compuestos de origen orgánico, son derivados del metabolismo producido por los seres vivos, y su estructura se encuentra conformada por enlaces de átomos de carbono e hidrógeno. Entre los cuales hallamos a los procedentes de vegetales y animales, incluido el petróleo. Al estado que tiene un sólido de adherir una molécula que fluye a sus paredes, se le denomina “adsorción”. El sólido recibe el nombre de “adsorbente” y a la molécula “adsorbato” (Carbotecnia, 2013).

El carbón activado está compuesto por estructura cristalina reticular semejante al grafito, siendo una diferencia el orden de la estructura ya que la del carbón activado contiene más imperfecciones, es muy poroso y llega a desarrollar espacios superficiales de dimensiones de 500 a 1500 metros por gramo de carbón. La zona de superficie del carbón activado cambia considerando la sustancia precursora y la metodología de activación (Lazo, 2015).

Se muestra el diagrama del procedimiento:



**Figura 1.**

Metodología para la producción de carbón activado

### 2.2.3. Propiedades del coco (*Cocus nucifera*)

El *Cocus nucifera* L., es fruto que se encuentra en islas y zonas tropicales, situadas alrededor del mundo, en un rango de 26°C de latitud N y S; se adaptan hasta los 1200 msnm. Es una especie que sobrevive mayormente en climas que no tienen marcadas variaciones estacionales, con temperaturas mayores a 20 °C, precipitaciones medias anual de 1000 a 1800 mm, así mismo, puede soportar precipitaciones de mayor magnitud, pero con suelos con buen drenaje. Se desarrolla de mejor manera en suelos de tipo migajón, debe contar con presencia de desechos orgánicos, aireación y un pH entre 5 y 8, con profundidad efectiva de 80 a 100 cm (Del Cañizo, 1991).

Pertenece a la familia Palmae, la cual abarca un solo género. Presenta número cromosómico es  $2n = 32$ , llega a medir de 12 a 25 m de alto. Su tallo tiene un crecimiento torcido, y por lo general es más ancho en la parte inferior del tronco, llegando a medir hasta 80 cm de diámetro, la parte superior casi nunca alcanza los 30 cm, sus hojas se encuentran

agrupadas en el ápice formando un penacho. Las frondas de las hojas tienen un tamaño que rondan los 1.8 a 6 m; son pinnadas con folíolos de 60 a 90 cm de largo (Loria, 1993). El fruto es redondo y contiene tres capas, de aproximadamente 20 a 30 cm de diámetro, pesa en promedio 1.5 kg, el epicarpio es brillante, el mesocarpio fibroso color castaño llegando a rojizo y el endocarpio está encerrado en una sola semilla. La reserva alimenticia del fruto comprende una parte carnosa encontrada en el centro del mismo acompañado de un jugo lechoso dulce, conocido como agua y carne de coco. La parte carnosa seca del fruto por lo general es empleada para producir copra, de donde es extraída el aceite de coco. Para llegar a su estado de maduración el fruto requiere de 9 a 10 meses (Quero, 1994).

#### **2.2.4. Importancia económica como planta de uso múltiple**

En el mercado se tiene alrededor de 100 productos elaborados a base de palma de coco, los cuales son variados, encontramos desde utensilios hasta productos comestibles de gran valor. Los más resaltantes son la fibra del fruto, el carbón del caparazón, la copra, el aceite extraído del mismo, el coco deshidratado y la leche (Granados y López, 2002).

El tallo tiene una gran resistencia y flexibilidad, por lo general es usado en la localidad como sustituto de la madera para construcción de casas y en la elaboración de muebles. La corteza tiene una resina y sus raíces una droga. Así mismo las hojas son empleadas como techo de algunas viviendas y sirve para la elaboración de diferentes objetos artesanales como cestos, sombreros, cortinas, escobas, entre otros (Granados y López, 2002).

Yemas, flores e Inflorescencias. Las yemas por lo general son consumidas en ensaladas o en guisos. Los cocoteros se extraen de los racimos jóvenes, del cual se obtiene un jugo dulce, que es una bebida refrescante dulce y está conformada por un 16% de sacarosa. De esta se fabrica azúcar de palma o aguardiente mediante el proceso de fermentación, vino de palma o vinagre (Granados y López, 2002).

Fruto. La parte fibrosa o cáscara más conocida como estopa de coco es empleada para diversos usos, por ejemplo, la elaboración de ropa fina que resiste al agua de mar, así mismo, cepillos, cordeles, sogas, alfombras, entre otras. Además, por su elevado contenido de lignina es apto para uso como combustible (Granados y López, 2002).

#### **2.2.5. Carbón activado a partir de la cáscara de Coco**

Por lo general las partes más consumidas del coco son la carne y la leche, dejando de lado los múltiples usos que se le puede dar a los residuos de este insumo. A partir de sus residuos es posible la obtención de diversos tipos de carbones activados, las cuales están destinadas a diversos usos, todo depende de las condiciones en las que son elaboradas.

“Un ejemplo es la activación de la cáscara de coco a altas temperaturas (<800°C) en vaporizaciones de agua, mediante este procedimiento es posible obtener carbón hidrofílico, las cuales están conformadas por poros muy diminutos, de diámetros menores o iguales a 7nm, apropiado para usos que tienen que ver con la separación de grasas. Si embargo, si el carbón es activado a una menor temperatura (450°C), adicionando algún agente químico como el ácido fosfórico o cloruro de zinc, se obtendrá un carbón con poros muchos más anchos, apropiados para aplicaciones líquidas” (Reinoso, 2005).

Este producto debe de poseer una buena distribución de poros, otro de los beneficios que posee es que tiene una mayor dureza y resistencia, a comparación del que se obtiene de la madera. Así mismo, la obtención de esta sustancia mediante el empleo de residuos orgánicos en comparación de los que son obtenidos de materiales inorgánicos, es la cantidad de cenizas, debido a que es menor. El coco es un recurso que a nivel mundial es abundante; para la generación de una 1 TM de carbón activado de requiere de 11 TM de esta sustancia en promedio (Soyentrepreneur, 1998).

#### **2.2.6. Lixiviados**

Producto líquido de la filtración de residuos sólidos, el cual lleva a su paso materiales disueltos o en suspensión. Se encuentran conformados por el líquido que ingresa en el relleno o botadero mediante fuentes externas como el drenaje o la lluvia, así mismo, por el líquido generado por la degradación de los residuos. El lixiviado se encuentra conformado por diversos compuestos originados por la solubilización de los residuos que se encuentran en el vertedero, así mismo, de las reacciones químicas y bioquímicas que se producen en la misma (Tchobanoglus et al., 1996).

Estas sustancias, son considerados un tipo de agua residuales, los cuales contienen una elevada carga orgánica, compuestos orgánicos solubles y materias inorgánicas, por lo que el tratamiento de estos es complejo y las tecnologías más empleadas son combinadas (Hickman, 1999).

#### **2.2.7. Clasificación de lixiviados.**

Los lixiviados son clasificado en base a su composición, y tanto su calidad como su cantidad varia gradualmente de acuerdo a los sitios y estaciones, en base a factores como la concentración de humedad de los desechos dispuestos; la hidrogeología del sitio, el diseño, operación y edad del relleno sanitario o botadero, así como también la degradabilidad de los diversos contaminantes de origen orgánico que se hallan en los rellenos sanitarios (Bagchi, 1990).

### 2.2.8. Tratamiento de lixiviados

Son clasificados teniendo en cuenta diversos factores como por el tipo de polución extraída, además los lixiviados se encuentran contaminados por patógenos, material orgánico y sustancias tóxicas.

Existen situaciones en las que la remoción de uno de los contaminantes es obstaculizada por la presencia de material orgánico y metales pesados (Martínez, 2014).

Los tratamientos que se aplican son:

**Procesos biológicos:** Son los procesos empleados con mayor frecuencia para la disminución de material orgánico, que como en el caso de lixiviados los que más se encuentran son materiales disueltos (Giraldo, 2001).

**Tratamiento aerobio:** Tratamiento que busca la eliminación de las materias de origen orgánico, mediante reacciones con la presencia de oxígeno y realizando agitación, con el fin de prevenir situaciones de anaerobiosis al interior de los tanques de depuración (Colomer y Gallardo, 2007).

**Tratamiento anaerobio:** Este tratamiento está enfocado en la depuración vía aerobia, sin embargo, dirigida a un grupo bacteriano que sufren de falta de oxígeno, lo cual hace al proceso mucho más simplificado y que a su vez generen más cantidad de lodos (Colomer y Gallardo, 2000).

### 2.2.9. Parámetros contaminantes en lixiviados

**Demanda bioquímica de oxígeno:** Parámetro que calcula el contenido de dióxígeno empleado para el proceso de degradación del material orgánico presente en una muestra. Es la materia con más probabilidad de ser oxidada a través de medios biológicos que contienen muestras líquidas, disueltas o en suspensión, es el parámetro con mayor empleo para establecer la cantidad de material orgánico presente en una muestra. Se calcula estableciendo la concentración de oxígeno que necesitan los microorganismos (sobre todo bacterias) para la oxidación de la materia orgánica biodegradable (Sierra, 2011).

**Nitratos:** Este parámetro es el estado más oxidado del nitrógeno y se encuentra presente en el agua. Se origina por la degradación de las sustancias de origen orgánico nitrogenadas. Cabe resaltar, que se debe tener en cuenta los nitratos al momento de tratar el agua debido a que si se encuentran en cantidades que sobrepasan los 10 mg/L como N (45 mg/L como  $\text{NO}_3$ ), en base a investigaciones se han confirmado que son causantes de una enfermedad presente en los infantes denominada metahemoglobinemia. Los contenidos de nitrato presentes en efluentes de aguas residuales pueden oscilar entre 0 y 20 mg/L (Sierra, 2011).

**Fosfatos:** Las maneras más recurrentes en el que se encuentra el fósforo en soluciones acuosas son: el ortofosfato, la polifosfato y los fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos como

$\text{PO}_4^3$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4$  y  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , se pueden encontrar en el metabolismo biológico sin la necesidad de que ocurra una ruptura posterior. Por lo general el fósforo orgánico pasa muy desapercibido como parte de los desechos domésticos, sin embargo, también pueden ser considerados un factor de gran impacto en los vertimientos industriales y lodos de aguas residuales domésticas (Sierra, 2011).

**Demanda Química de Oxígeno:** Parámetro químico que establece el contenido de oxígeno que se requiere para alcanzar el estado de oxidación de la materia orgánica en una muestra de agua, teniendo en cuenta requerimientos específicos de agente oxidante, temperatura y tiempo. El análisis de este parámetro es empleada recurrentemente para calcular la carga contaminante de los residuos domésticos e industriales. Mediante este análisis se busca calcular un residuo en términos de contenido de oxígeno necesario para alcanzar la degradación completa de la materia de origen orgánico a  $\text{CO}_2$ , agua y amoníaco (Sierra, 2011).

**Potencial de hidrógeno (pH):** Parámetro empleado para expresar el nivel de acidez o basicidad de una solución. Los valores ideales de este parámetro oscilan de 6.5 a 8, en donde 7 es considerado el valor más óptimo (Sociedad de Agricultores de Colombia, 2002).

#### **2.2.10. Botaderos y rellenos sanitarios**

Los botaderos son espacios públicos en donde se produce la acumulación inapropiada de residuos sólidos, lo cual produce riesgos sanitarios y ambientales (Dirección General de Salud Ambiental, 2004).

Son espacios inapropiados para la disposición final de los residuos sólidos, ya que estas no reciben algún tipo de tratamiento, por lo que se vuelven focos infecciosos, así mismo, son propicios a la producción de malos olores, emisión de gases contaminantes como metano, líquidos con elevado grado de contaminación como lo son los lixiviados, lo cual pone en riesgo la salud humana y produce efectos negativos en el ambiente (Ñahui & Acosta, 2021).

Por otro lado, los rellenos sanitarios son áreas empleadas para la colocación final de los desechos. Este proceso comprende colocar en la superficie los residuos sólidos, para luego ser compactados y así reducirlos al menor tamaño posible y así ocupar un espacio pequeño. Posterior a eso, son cubiertos con una capa de tierra y son compactados por segunda vez al finalizar el día (Ministerio de Salud, 1997).

Para la construcción de un relleno sanitario es muy importante tener en cuenta la selección del terreno, la cual debe cumplir algunas especificaciones, como: “topografía, nivel de las aguas subterráneas y disponibilidad de material para cubrir los residuos” (Ministerio de Salud, 1997).

Teniendo en cuenta las especificaciones del terreno, puede edificarse respetando los métodos de área, zanja o una combinación de ambos.

- Zanja o también conocida como Trinchera, es empleada más que todo para terrenos planos, cavándose de 2 a 3 m de profundidad. Los desechos son depositados dentro, luego son compactados y son cubiertos con la tierra que fue extraída de la misma zanja.
- El método del área es aplicado tanto en zonas planas como en zonas con tajos o canteras abandonadas. La tierra empleada para tapar los residuos tiene que ser originarias de laderas o montañas. Los desechos son colocados de manera directa en la superficie, en caso de contar con un terreno plano, o en zonas más profundas hacia las más altas, si hubiera depresiones. Los desechos se esparcen, se compactan y son recubiertas de manera diaria con tierra de un grosor de 10 a 20 cm (Ministerio de Salud, 1997).

Los principios elementales para el correcto desarrollo de las actividades de un Relleno Sanitario, debe cumplir con lo siguiente:

- a. Una correcta compactación de los desechos, previamente y después de taparlos con tierra.
- b. Cubrir diariamente los residuos con una pasada de tierra o material suplente.
- c. Llevar un control de los drenajes y de los líquidos o percolados y los gases que producen el relleno, para así mejorar los aspectos de operación y para ser amigable con el ambiente.
- d. Prevenir que el agua de las precipitaciones entre al relleno sanitario mediante canales y drenajes.
- e. Monitoreos constantes, por parte de los administradores y de las organizaciones comunales (Ministerio de Salud, 1997).

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Botadero.** Zona para colocar los desechos sin algún tipo de control o tratamiento (Bolaños, 2013).

**Agua residual.** Aquellas aguas que han sido empleadas en cualquier actividad benéfica. Por lo general son clasificadas en aguas residuales domesticas e industriales y comerciales (Sierra, 2011).

**Adsorción.** Estado fisicoquímico de importancia, por sus aplicaciones diversas en la industria química en el laboratorio (Sánchez, 2018).

**Carbón activado.** Sustancia de origen vegetal que resalta por su grado de absorción debido a que cuenta con poros diminutos. Su acción de absorción se produce justamente en esos minúsculos poros de unos pequeños nanómetros de diámetro (Navarrete, 2014).

**Contaminación del agua.** “Viene a ser cualquier alteración anormal de nivel físico químico o biológico en la composición del agua, la cual tiene un efecto dañino en cualquier ser vivo que la ingiera “(Blas, 2016).

**Efluente.** Líquido que queda al final de un proceso (OS.090, 2006)

**Relleno sanitario.** Opción comprobada para la disposición final de los desechos (Bolaños, 2013).

**Tratamiento del agua.** Conjunto de procesos unitarios de nivel físico, químico o biológico, la cual tiene como objetivo la erradicación o minimización de la contaminación y atributos no deseados presente en las aguas a tratar, este conjunto de aguas recibe el nombre de aguas negras (Navarrete, 2014).

## CAPÍTULO III MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

#### 3.1.1. Tipo de investigación

Aplicada. Según Sánchez (2006), sostiene que la finalidad de este tipo de investigación es dar solución a enigmas prácticos de manera inmediata en orden de cambiar las condiciones.

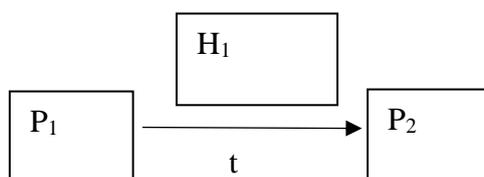
#### 3.1.2. Nivel de investigación

Se encuentra en un nivel explicativo, ya que este estudio intenta descubrir o determinar los efectos (investigación experimental) del carbón activado.

#### 3.1.3. Diseño de investigación

Se utilizó un “diseño experimental”, el cual incluye procedimientos para extraer diferencias por medio de la manipulación de la variable de tratamiento o variable independiente (Bisquerra, 2009).

El diagrama de diseño es el siguiente:



Donde:

H<sub>1</sub>: Carbón activado de endocarpio de coco

P<sub>1</sub>: Medición de los parámetros del lixiviado del botadero municipal Yacucatina antes del tratamiento.

P<sub>2</sub>: Medición de los parámetros del lixiviado del botadero municipal Yacucatina después del tratamiento.

t: 2 minutos

### 3.2. Población y muestra

#### 3.2.1. Población

Estuvo conformada por los lixiviados generados en el “botadero municipal de Yacucatina”. Para lo cual se realizó una visita al botadero, con coordenadas UTM, zona 18 S (355822 E; 9264132 N).

### 3.2.2. Muestra

1 litro de lixiviados. Las muestras se tomaron de tres (03) puntos.

### 3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación experimental, en donde se tuvo que hacer uso de los sentidos para estudiar y analizar una situación. Así mismo, se empleó como instrumento para la recolección de datos e información GPS-Garmin y la guía de muestreo de aguas residuales (MINAN,2010).

### 3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se aplicó la prueba T de Student, que están representadas mediante tablas y gráficos, para evaluar el efecto de adsorción del carbón activado de coco en los lixiviados del botadero municipal.

Programa estadístico SPSS, mediante el “Análisis de Varianza (ANOVA), para aceptar o rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) o alterna ( $H_1$ ) al 95% y 5%”.

### 3.5. Materiales y métodos

#### 3.5.1. Materiales

**Tabla 1**

*Materiales, Equipos y Reactivos*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Guantes de nitrilo	GPS	Agua destilada
Mascarillas	Laptop	Solución QOD (sobre)
Guardapolvo	DR 900	Fosfover (sobre)
Cooler	H1 98193 Dissol Ved Oxygen	Nitrates (sobre)
Ice pax	Incubadora	Nutriquat (sobre)
Frasco 5L		
Lixiviados 5L		
Carbón activado de coco 1 Kg		
Tubos de ensayo		
Probetas		
Vaso de precipitación		
Baguetas		
Pipetas		
Frascos de Winkler		

### 3.5.2. Métodos

El presente estudio fue dividido en 4 fases, las cuales se muestran a continuación:

#### a. 1° Fase: Gabinete inicial

- **Compilación bibliográfica**

Se recopiló información de revistas indexadas, sistemas de información de instituciones académicas para disponer de información necesaria para la investigación.

- **Coordinación el ingreso al botadero municipal de Yacucatina**

Se realizó las gestiones correspondientes con el ente municipal, para acceder al botadero municipal a recolectar las muestras de lixiviados.

- **Coordinación para el ingreso al laboratorio de Ingeniería Sanitaria**

Se realizó las respectivas gestiones con la “Facultad de Ecología de la UNSM”, para la autorización del ingreso al laboratorio para realizar las pruebas necesarias.

- **Compra de carbón activado de coco**

Se realizó la compra de 1 Kg. de carbón activado comercial granulado de coco.

#### b. 2° Fase: Campo

- **Puntos georreferenciales**

Se tomó los puntos georreferenciales con la ayuda del equipo GPS Garmin, in situ del botadero municipal de Yacucatina.

- **Recolección de las muestras de lixiviados**

Se realizó la recolección de las muestras de los lixiviados, tomando las muestras de tres (03) puntos.

- **Cadena de custodia y lista de verificación**

Elaboración de “mapas, cadena de custodia y lista de verificación” e instrumentos necesarios en el desarrollo de la investigación.

#### c. 3° Fase: Laboratorio

- **Análisis de muestras y determinación de parámetros**

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Método: Potenciómetro

Equipo: Colorímetro DR900

Procedimiento:

1. Se llenó un depósito de 10 ml con la muestra.
2. Se adicionó la cantidad de un sobre “solución QOD” al depósito.
3. Se llenó un segundo depósito con 10 ml de la muestra.
4. Se puso el envase en el poseedor hasta la obtención de una respuesta.
5. Los datos obtenidos estarán dados en mg/l (García, 2016).

- **Fosfatos**

Método: Potenciómetro

Equipo: Colorímetro DR900

Procedimiento:

1. Se llenó un depósito de 10 ml con la muestra.
2. Se adicionó la cantidad de un sobre “fosfover” al envase.
3. Se llenó un segundo depósito con 10 ml de la muestra.
4. Se puso el depósito en el poseedor hasta tener una respuesta.
5. Los datos que se obtuvieron están expresados en mg/L (García, 2016).

- **Nitratos**

Método: Potenciómetro

Equipo: Colorímetro DR900

Procedimiento:

1. Se llenó un envase de 10 ml con la muestra.
2. Se adicionó la cantidad de un sobre “NitraVer” al envase.
3. Se agregó al segundo envase 10 de muestra.
4. Se puso el envase en el poseedor hasta tener la respuesta.
5. Se registran los resultados en mg/L (García, 2016).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Método: “Winkler”

Equipo: “Medidor de Oxígeno disuelto HI 98193 y la incubadora regulada a 20 °C, además de los frascos winkler”.

Materiales y reactivos: “Frascos de Winkler para DBO x 300 ml, nutrientes nutriquat, medición antes y después de 5 días a 20 °C” (García, 2016).

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Método: Potenciométrico

Equipo: OAKTON Instruments

Materiales y reactivos: Sonda en 60 mL

▪ **Aplicación del tratamiento de carbón activado a las muestras de lixiviado**

1. En un vaso de precipitación se agregó 100 mL de la muestra.
2. Se adicionó una determinada cantidad de carbón activado teniendo en cuenta las siguientes condiciones:  
**Peso:** 2.5 gr – 5.0 gr
3. Una vez añadido el producto a la muestra, con la respectiva agitación se mezcló el lixiviado con el carbón activado.

4. Posterior a eso, se llevó el vaso de precipitación al equipo, en donde se reguló la temperatura de mezcla, la velocidad y tiempo de agitación, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

**Velocidad de agitación:** 60 RPM

**Temperatura:** Temperatura ambiente, 50°C, 100°C

**Tiempo de agitación:** 2 min

5. Luego se dejó reposar al vaso para que se generen las fases.
6. Finalmente, se dio inició a los análisis de los parámetros respectivos.

- **Eficiencia de los carbones en la adsorción de contaminantes químicos en el lixiviado del botadero municipal Yacucatina**

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia en remoción} = \frac{\text{Concentración}_{\text{entrada}} - \text{Concentración}_{\text{salida}}}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}}$$

#### **d. 4° Fase: etapa final**

Se desarrolló el procesamiento de los datos que se obtuvieron en el laboratorio y la presentación de los mismos en el reporte.

- **Procesamiento de datos**

Se registró los resultados de los análisis de los parámetros nitratos, fosfatos, DQO, DBO<sub>5</sub> y pH (muestra cero) y los datos obtenidos con el tratamiento del carbón activado fueron analizados con el programa SPSS 24, para lo cual se aplicó la prueba estadística T Student. Por otro lado, para la presentación de los resultados, se empleó figuras y tablas para así presentar de manera correcta y ordenada la información.

- **Comparación de resultados con la normativa vigente**

Teniendo en cuenta el “Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, la cual establece que los Límites Máximos Permisibles para efluentes vertidos a los cuerpos de aguas”, son los siguientes:

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: (D.S. N°003-2010-MINAM)

Así mismo se comparó de los resultados con la normativa internacional vigente, para las cuales se tomó en cuenta la norma chilena y mexicana.

Parámetro	Unidad	Normas genéricas para efluentes a ser vertidos a cuerpos de agua	
		Norma chilena (1)	Norma Mexicana (2)
Aceites y Grasas	mg/L	20	25
Coliformes Termo tolerantes	NMP/100 mL	1000	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	35	150
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	-	150
Fósforo Total	mg/L	10	30
Nitrógeno Total	mg/L	-	40
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	50	-
pH	unidad	6.0-8.5	-

Fuente: (SEGPRES - Ministerio de secretaría General de la presidencia, CHL, 2001 & SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MEX, 1996

#### ▪ Interpretación de resultados

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación fueron interpretados, siempre teniendo en cuenta la hipótesis inicial y los antecedentes tomados en cuenta.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Resultados

Se presentan los resultados; con el objetivo de evaluar la eficiencia del carbón activado de coco en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del botadero municipal.

#### 4.1.1. Concentraciones de los contaminantes químicos en el lixiviado del botadero municipal Yacucatina.

Teniendo en cuenta los objetivos establecidos, se realizó la caracterización química de las aguas del lixiviado del botadero, para lo cual se procedió hacer la recolección de muestras en 3 puntos diferentes de la zona de estudio. Siguiendo a eso se llevaron las “muestras recolectadas al laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología” en donde se realizaron los respectivos estudios, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 2**

*Resultados iniciales M1, M2 y M3*

Parámetro	Unidad	M1	M2	M3
DBO <sub>5</sub>	mg/L	234	257	242
DQO	mg/L	123	104.8	105.5
Nitratos	mg/L	20.8	22	20.5
Fosfatos	mg/L	1.26	1.55	1.22
pH		8.79	8.56	8.81

Para el análisis de los resultados se procedió a calcular el promedio de los 3 muestreos realizados para cada parámetro, y así facilitar la evaluación del tratamiento aplicado:

**DBO<sub>5</sub>:** 244.3 mg/L

**DQO:** 111.1 mg/L

**Nitratos:** 21.1 mg/L

**Fosfatos:** 1.3 mg/L

**pH:** 8.72

Con el propósito de determinar la calidad del agua residual proveniente del lixiviado se realizó un comparativo de los resultados con los LMP y la normativa vigente internacional, para así evidenciar la problemática (Tabla 3).

**Tabla 3***Calidad del agua residual del efluente del lixiviado*

Parámetro	Unidad	Valor	LMP	Norma	Norma
				Chilena (1)	Mexicana (2)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	244.3	100	35	150
DQO	mg/L	111.1	200	-	150
Nitratos	mg/L	21.1	-	-	6.8
Fosfatos	mg/L	1.3	-	3.27	9.8
pH		8.72	6.5 - 8.5	6.0 - 8.5	-

**Interpretación:**

Como se visualiza en la tabla 3, existe un exceso del 144% con respecto a la DBO<sub>5</sub>, teniendo en cuenta los Límites Máximos Permisibles, así mismo, se visualiza que los nitratos también presentan un exceso del 210% con respecto a la normativa mexicana, finalmente, el pH también excede en algunas unidades los límites máximos permisibles y la normativa chilena. Por otro lado, parámetros como DQO y fosfatos se encuentran dentro del rango establecido.

#### **4.1.2. Condiciones óptimas de temperatura, tiempo y cantidad de mezcla, para la adsorción de contaminantes químicos, en el lixiviado del botadero municipal Yacucatina.**

Se empleó 1 kilo de carbón activado comercial de la marca COCARBON.

Siguiente a eso para la obtención de las condiciones óptimas a emplear para la adsorción de contaminantes se consideraron las siguientes temperaturas:

- Temperatura de ambiente.
- 50°C
- 100°C

Así mismo se aplicó una velocidad de agitación de 60 RPM por un lapso de dos minutos para todos los ensayos (Tabla 4).

**Tabla 4***Condiciones*

Peso	Velocidad	Temperatura	Tiempo (min)
2.5gr	60 RPM	Temperatura ambiente	2
2.5gr	60 RPM	50°C	2
2.5gr	60 RPM	100°C	2
5.0gr	60 RPM	Temperatura ambiente	2
5.0gr	60 RPM	50°C	2
5.0gr	60 RPM	100°C	2

Una vez establecido los factores, se procedió a realizar los ensayos correspondientes para determinar las condiciones óptimas a las que deben ser sometidas:

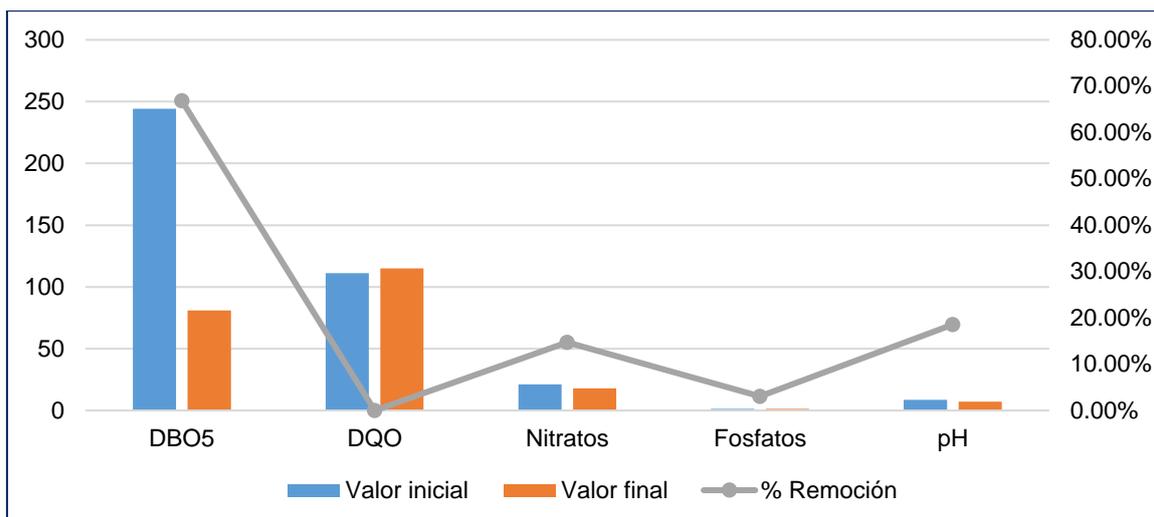
#### 4.1.3. Mezcla a temperatura ambiente.

##### - **Peso: 2.5 gr**

Teniendo en cuenta los aspectos indicados en la tabla 4, para el siguiente ensayo se usó a una agitación de 60 RPM por dos minutos y un peso de 2.5 gr, en donde se obtuvieron los siguientes resultados de remoción, teniendo en cuenta la caracterización de los parámetros previo al tratamiento:

**Tabla 5***Ensayo N°1*

Parámetro	Unidad de medida	Valor inicial	Valor final	% Remoción
DBO <sub>5</sub>	mg/L	244.3	81	66.84
DQO	mg/L	111.1	115	0.00
Nitratos	mg/L	21.1	18	14.69
Fosfatos	mg/L	1.3	1.26	3.08
pH		8.72	7.1	18.58



**Figura 2.**

Mezcla a temperatura ambiente / peso 2.5 gr

**Interpretación:**

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 5, se obtuvo una disminución significativa con respecto a la DBO con un valor de 66.84%, sin embargo, en los demás parámetros evaluados su resultado indica una variación muy baja con respecto a los valores iniciales, por lo tanto, se considera, que el ensayo N°1 no contiene las condiciones más apropiadas para el tratamiento.

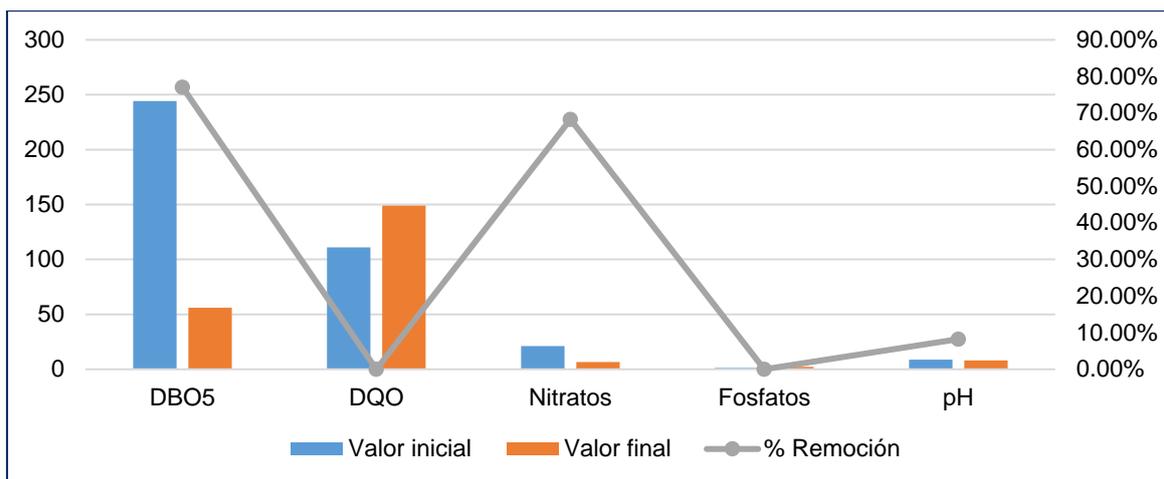
**- Peso: 5.0 gr**

Se consideró una velocidad de agitación de 60 RPM por un lapso de dos minutos, para lo cual se obtuvo los siguientes resultados de remoción, teniendo en cuenta los parámetros iniciales:

**Tabla 6**

*Ensayo N°2*

Parámetro	Unidad de medida	Valor inicial	Valor final	% Remoción
DBO <sub>5</sub>	mg/L	244.3	56	77.08
DQO	mg/L	111.1	149	0.00
Nitratos	mg/L	21.1	6.7	68.25
Fosfatos	mg/L	1.3	2.28	0.00
pH		8.72	8	8.26



**Figura 3.**

Mezcla a temperatura ambiente / peso 5.0 gr

#### Interpretación:

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 6, se observa que, una vez aplicado el tratamiento de carbón activado a base de endocarpio de coco, considerando una agitación de 60 RPM, un peso de 5 gr, temperatura ambiente y en un lapso de dos minutos; se obtuvo una disminución significativa con respecto a la DBO con un valor de 77.08% y Nitratos con 68.25%, así mismo, el pH obtuvo un porcentaje de remoción del 8.26%. Por otro lado, los demás parámetros evaluados no mostraron resultados de eficiencia, por lo tanto, se considera que las condiciones del ensayo N°2 podrían ser aptas para el tratamiento, ya que tuvo efecto de remoción en 3 de los parámetros analizados.

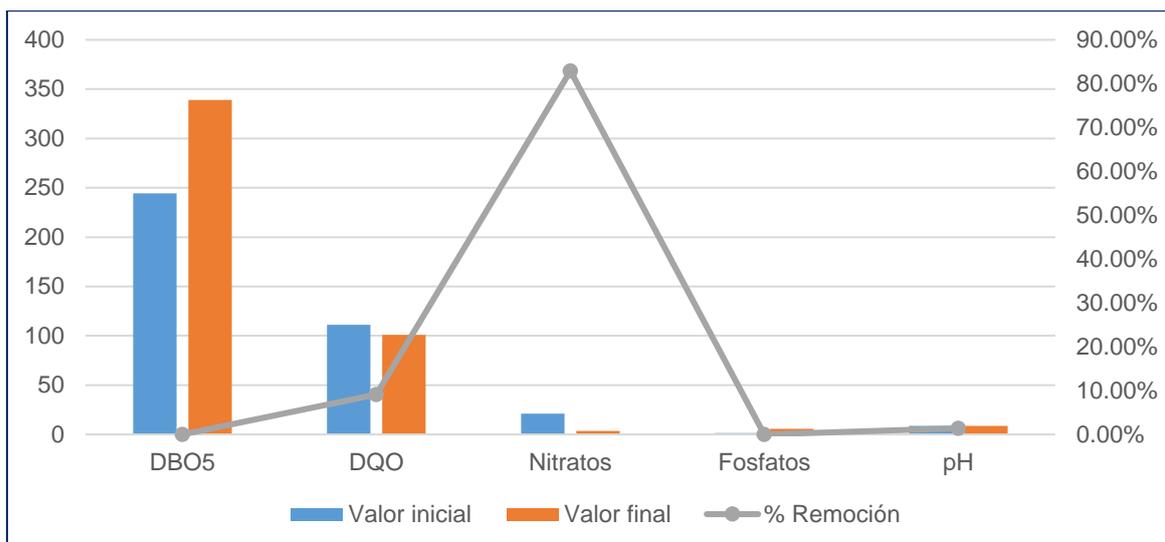
#### 4.1.4. Mezcla a 50°C.

##### - Peso: 2.5 gr

Para evaluar los pesos indicados en la tabla 4, se consideró una velocidad de agitación de 60 RPM por un lapso de dos minutos, para lo cual se obtuvo los siguientes resultados de remoción, teniendo en cuenta los parámetros iniciales:

**Tabla 7**  
Ensayo N°3

Parámetro	Unidad de medida	Valor inicial	Valor final	% Remoción
DBO <sub>5</sub>	mg/L	244.3	339	0.0
DQO	mg/L	111.1	101	9.1
Nitratos	mg/L	21.1	3.6	82.9
Fosfatos	mg/L	1.3	5.8	0.0
pH		8.72	8.6	1.38



**Figura 4.**

Mezcla a 50°C / peso 2.0 gr

#### Interpretación:

Los resultados de la tabla 7, se observa que una vez aplicado el tratamiento de carbón activado a base de endocarpio de coco, considerando una agitación de 60 RPM, un peso de 2.5 gr, una mezcla a 50°C y un tiempo de dos minutos; se obtuvo una disminución significativa con respecto a Nitratos con un valor de 82.9%, sin embargo en los demás parámetros evaluados su resultado indica una variación casi nula con respecto a los valores iniciales, por lo tanto se considera, que el ensayo N°3 no tiene las condiciones más apropiadas para el tratamiento.

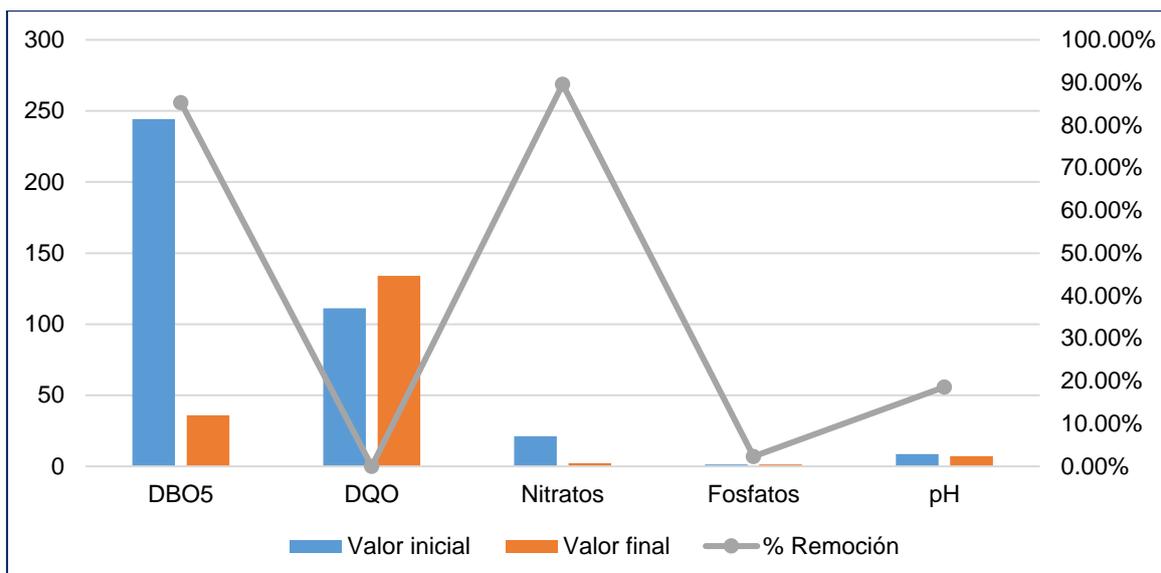
#### - **Peso: 5.0 gr**

Se consideró una velocidad de agitación de 60 RPM por un tiempo de dos minutos, para lo cual se obtuvo los siguientes resultados de remoción, teniendo en cuenta los parámetros iniciales:

**Tabla 8**

*Ensayo N°4*

Parámetro	Unidad de medida	Valor inicial	Valor final	% Remoción
DBO <sub>5</sub>	mg/L	244.3	36	85.26
DQO	mg/L	111.1	134	0.00
Nitratos	mg/L	21.1	2.2	89.57
Fosfatos	mg/L	1.3	1.27	2.31
pH		8.72	7.1	18.58



**Figura 5.**  
Mezcla a 50°C / peso 5.0 gr

#### Interpretación:

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 8, se obtuvo una disminución significativa con respecto a la DBO con una remoción de 85.26%, Nitratos con 89.57%, 2.31% para los Fosfatos y 18.58% para el pH, por otro lado, la DQO no mostró resultados de eficiencia, por lo tanto, se considera que las condiciones del ensayo N°4, hasta el momento son las más aptas para el tratamiento, ya que tuvo efecto de remoción en casi todos los parámetros analizados.

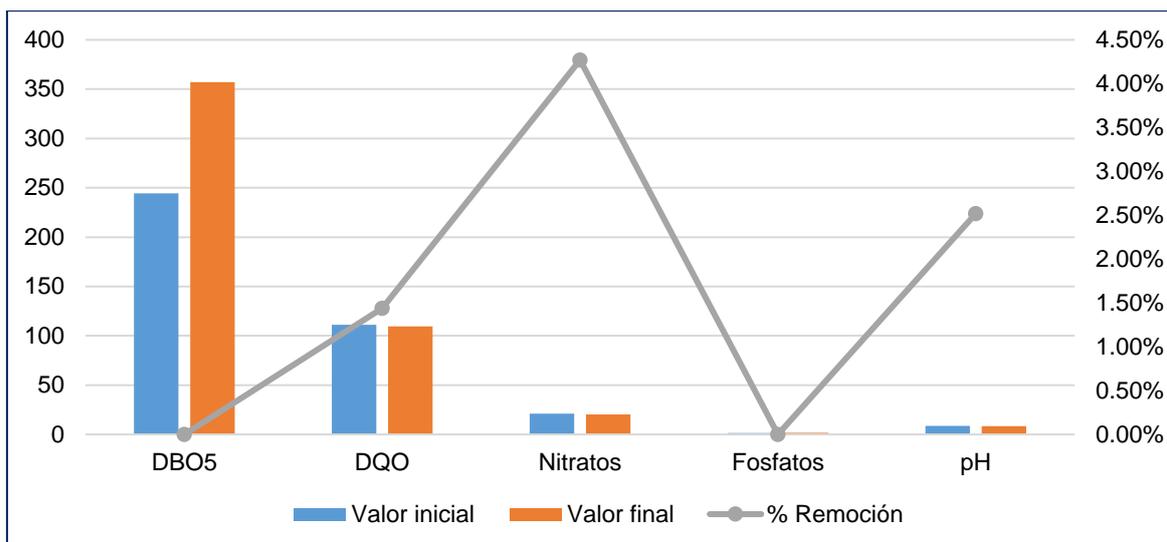
#### 4.1.5. Mezcla a 100°C.

##### - Peso: 2.5 gr

Para el siguiente ensayo, se consideró una velocidad de agitación de 60 RPM a un tiempo de dos minutos, para lo cual se obtuvo los siguientes resultados de remoción, teniendo en cuenta los parámetros iniciales:

**Tabla 9**  
Ensayo N°5

Parámetro	Unidad de medida	Valor inicial	Valor final	% Remoción
DBO <sub>5</sub>	mg/L	244.3	357	0.00%
DQO	mg/L	111.1	109.5	1.44%
Nitratos	mg/L	21.1	20.2	4.27%
Fosfatos	mg/L	1.3	1.62	0.00%
pH		8.72	8.5	2.52%



**Figura 6.**

Mezcla a 100°C / peso 2.5 gr

#### Interpretación:

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 9, se obtuvo una ligera disminución con respecto a la DQO con 1.44% de remoción, 4.27% para los Nitratos y 2.52% para el pH, así mismo, en los demás parámetros no se obtuvo ningún porcentaje de eficiencia con respecto a los valores iniciales, por lo tanto, se considera, que el ensayo N°5 no tiene las condiciones apropiadas para el tratamiento.

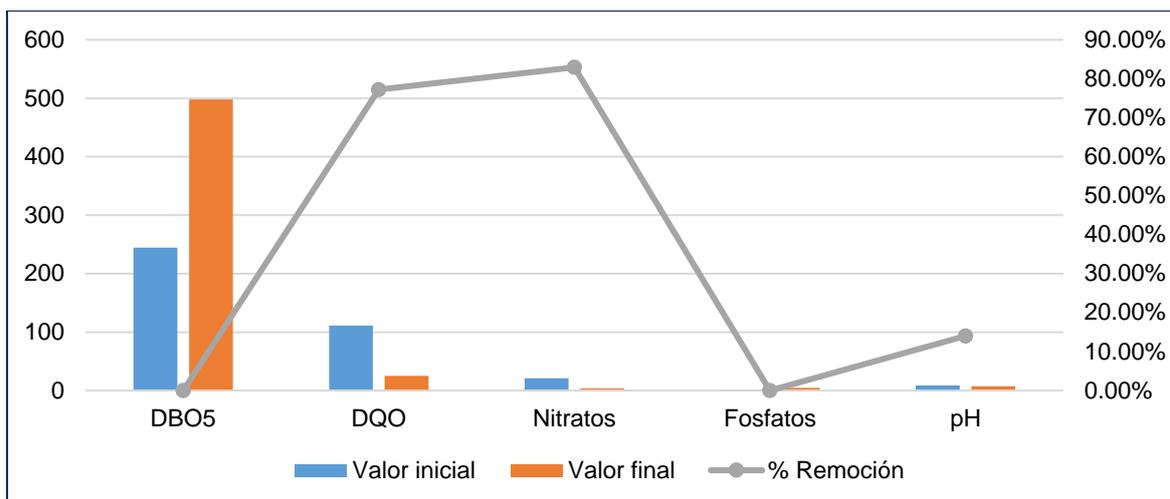
#### - **Peso: 5.0 gr**

Se consideró una velocidad de agitación de 60 RPM por un lapso de dos minutos, para lo cual se obtuvo los siguientes resultados de remoción, teniendo en cuenta los parámetros iniciales:

**Tabla 10**

*Ensayo N°6*

Parámetro	Unidad de medida	Valor inicial	Valor final	% Remoción
DBO <sub>5</sub>	mg/L	244.3	498	0.00
DQO	mg/L	111.1	25.3	77.23
Nitratos	mg/L	21.1	3.6	82.94
Fosfatos	mg/L	1.3	4.54	0.00
pH		8.72	7.5	13.99



**Figura 7.**

Mezcla a 100°C / peso 5.00 gr

#### Interpretación:

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 10, se obtuvo una disminución significativa con respecto a la DQO con una remoción de 77.23%, 82.94% para los Nitratos y 13.99% para el pH, por otro lado, la DBO y los Fosfatos no tuvieron resultados de eficiencia alguno, por lo tanto, se considera que las condiciones del ensayo N°6 podrían considerarse aptas para el tratamiento, ya que tuvo efecto de remoción en 3 de los parámetros analizados.

#### 4.1.6. Resumen de los resultados obtenidos con la aplicación del carbón activado para cada parámetro

**Tabla 11**

*Resultados de la DBO<sub>5</sub> con la aplicación del carbón activado*

Resultados de la DBO <sub>5</sub> (mg/L)				
Tiempo: 2 min				
Velocidad: 60 rpm				
Temperatura	Peso			
	2.5 gr		5.0 gr	
	Valor inicial	Valor final	Valor inicial	Valor final
Temperatura ambiente	244.3	81	244.3	56
50°C	244.3	339	244.3	36
100°C	244.3	357	244.3	498

#### Interpretación:

Con respecto a los resultados obtenidos para la DBQ, en la tabla se puede observar las variaciones existentes entre cada uno de los análisis realizados, para lo cual se determina que los mejores resultados de eficiencia obtenidos para este parámetro se encuentran en

el ensayo donde se aplicó 5.0 gr de carbón activado a 50°C con “una velocidad de 60 rpm y en un lapso de dos minutos”. Así mismo, otro buen resultado es el obtenido con el empleo de 5 gr. de carbón a temperatura ambiente con una velocidad de 60 rpm.

**Tabla 12**

*Resultados de la DQO con la aplicación del carbón activado*

<b>Resultados de la DQO (mg/L)</b>				
<b>Tiempo: 2 min</b>				
<b>Velocidad: 60 rpm</b>				
<b>Temperatura</b>	<b>Peso</b>			
	<b>2.5 gr</b>		<b>5.0 gr</b>	
	<b>Valor inicial</b>	<b>Valor final</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Valor final</b>
<b>Temperatura ambiente</b>	111.1	115	111.1	149
<b>50°C</b>	111.1	101	111.1	134
<b>100°C</b>	111.1	109.5	111.1	25.3

**Interpretación:**

Teniendo en cuenta los resultados para la DQO, de la tabla se puede rescatar las variaciones existentes entre cada uno de los análisis efectuados, para lo cual se establece que el mejor resultado obtenido para este parámetro se encuentra en el ensayo en donde se aplicó 5.0 gr de carbón activado a 100°C con “una velocidad de 60 rpm”, obteniendo un resultado de 25.3 mg/L.

**Tabla 13**

*Resultados de los nitratos con la aplicación del carbón activado*

<b>Resultados de los nitratos (mg/L)</b>				
<b>Factores</b>				
<b>Tiempo: 2 min</b>				
<b>Velocidad: 60 rpm</b>				
<b>Temperatura</b>	<b>Peso</b>			
	<b>2.5 gr</b>		<b>5.0 gr</b>	
	<b>Valor inicial</b>	<b>Valor final</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Valor final</b>
<b>Temperatura ambiente</b>	21.1	18	21.1	6.7
<b>50°C</b>	21.1	3.6	21.1	2.2
<b>100°C</b>	21.1	20.2	21.1	3.6

**Interpretación:**

Con respecto a los resultados para los Nitratos, en la tabla se puede visualizar las variaciones existentes entre cada uno de los análisis realizados, sin embargo, los mejores resultados de eficiencia obtenidos para este parámetro se encuentran en el ensayo en donde se trabajó con 5.0 gr de carbón de activado a 50°C con “una velocidad de 60 rpm y en lapso de dos minutos”.

**Tabla 14**

*Resultados de los fosfatos con la aplicación del carbón activado*

<b>Resultados de los fosfatos (mg/L)</b>				
<b>Factores</b>				
<b>Tiempo: 2 min</b>				
<b>Velocidad: 60 rpm</b>				
<b>Temperatura</b>	<b>Peso</b>			
	<b>2.5 gr</b>		<b>5.0 gr</b>	
	<b>Valor inicial</b>	<b>Valor final</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Valor final</b>
<b>Temperatura ambiente</b>	1.3	1.26	1.3	2.28
<b>50°C</b>	1.3	5.8	1.3	1.27
<b>100°C</b>	1.3	1.62	1.3	4.54

**Interpretación:**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para los fosfatos, de la tabla se puede rescatar las variaciones existentes entre cada uno de los análisis efectuados, para lo cual se establece que el primer mejor resultado obtenido para este parámetro se encuentra en el ensayo donde se aplicó 2.5 gr de carbón activado a una temperatura ambiente “con una velocidad de 60 rpm y en un lapso de dos minutos”, así mismo, también se obtuvo un buen resultado en el ensayo donde se empleó 5.0 gr del producto a una temperatura de 50°C con la misma velocidad y tiempo que la anterior.

Tabla 15

Resultados del pH con la aplicación del carbón activado

Resultados del pH (Unidades)				
Tiempo: 2 min				
Velocidad: 60 rpm				
Temperatura	Peso			
	2.5 gr		5.0 gr	
	Valor inicial	Valor final	Valor inicial	Valor final
Temperatura ambiente	8.72	7.1	8.72	8
50°C	8.72	8.6	8.72	7.1
100°C	8.72	8.5	8.72	7.5

#### Interpretación:

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para el pH, de la tabla se puede identificar las variaciones que hay entre cada uno de los análisis realizados para este parámetro, para lo cual se establece que los mejores resultados se obtuvieron en los ensayos donde se aplicó 2.5 gr de carbón activado a temperatura ambiente, así mismo, cuando se aplicó 5.0 gr del producto a una temperatura del 50°C, con “una velocidad de 60 rpm y un tiempo de dos minutos para ambos”.

#### 4.1.7. Eficiencia del carbón activado en la remoción de los parámetros analizados

Tabla 16

Resumen de eficiencia (%) del carbón activado en todos los ensayos

Resultados de eficiencia				
Tiempo: 2 min				
Velocidad: 60 rpm				
Peso	Parámetro	Temperatura (°C)		
		Temperatura ambiente	50	100
2.5 gr	DBO5	66.84	0	0
	DQO	0	9.1	1.44
	Nitratos	14.69	82.9	4.27
	Fosfatos	3.08	0	0
	pH	18.58	1.38	2.52
5.0 gr	DBO5	77.08	85.26	0
	DQO	0	0	77.23
	Nitratos	68.25	89.57	82.94
	Fosfatos	0	2.31	0
	pH	8.26	18.58	13.99

#### 4.1.8. Parámetros físico químicos con los valores límites establecidos por la legislación peruana e internacional vigente

Teniendo en cuenta los resultados analizados anteriormente, se procede a comparar los Límites Máximos Permisibles y la normativa internacional vigente de efluentes con los ensayos que hayan obtenido eficiencias altas en al menos dos parámetros, a fin de determinar las condiciones con los mejores resultados y con mayor cumplimiento según el reglamento.

**Tabla 17**

*Comparación resultados ensayo N°2 – normativa nacional e internacional*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor final</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b>	<b>Norma Chile</b>	<b>Norma México</b>
DBO <sub>5</sub>	56 mg/L	100	35	150
DQO	149 mg/L	200	-	150
Nitratos	6.7 mg/L	-	-	6.8
Fosfatos	2.28 mg/L	-	3.27	9.8
pH	8	6.5 - 8.5	6.0 - 8.5	-

#### **Interpretación:**

De acuerdo a la tabla 17, se visualiza que aplicando el tratamiento de carbón activado con una cantidad de 5.0 gr del producto a una temperatura ambiente con “una velocidad de 60 rpm y en un lapso de dos minutos”, los resultados si cumplen con la remoción de los parámetros y no sobrepasan los LMP y la normativa de Chile y México. Sin embargo, la DQO y los nitratos se encuentran muy cerca del límite.

**Tabla 18**

*Comparación resultados ensayo N°4 – normativa nacional e internacional*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor final</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b>	<b>Norma Chile</b>	<b>Norma México</b>
DBO <sub>5</sub>	36 mg/L	100	35	150
DQO	134 mg/L	200	-	150
Nitratos	2.2 mg/L	-	-	6.8
Fosfatos	1.27 mg/L	-	3.27	9.8
pH	7.1	6.5 - 8.5	6.0 - 8.5	-

**Interpretación:**

De acuerdo a la tabla 18, se observa que los valores obtenidos en el ensayo N°4 una vez aplicado el tratamiento con carbón activado, en donde se empleó 5.0 gr del producto a una temperatura de 50°C con “una velocidad de 60 rpm y en un lapso de dos minutos”, estos si cumplen de manera eficiente con el tratamiento, así mismo, cumplen con los LMP y lo establecido en la normativa de Chile y México, determinando que las condiciones empleadas en este ensayo si son óptimas para el tratamiento del agua residual proveniente del lixiviado del botadero municipal del lugar de estudio.

**Tabla 19**

*Comparación resultados ensayo N°6 – normativa nacional e internacional*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor final</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b>	<b>Norma Chile</b>	<b>Norma México</b>
DBO <sub>5</sub>	498 mg/L	100	35	150
DQO	25.3 mg/L	200	-	150
Nitratos	3.6 mg/L	-	-	6.8
Fosfatos	4.54 mg/L	-	3.27	9.8
pH	7.5	6.5 - 8.5	6.0 - 8.5	-

**Interpretación:**

De acuerdo a la tabla 19, se visualiza que, aplicando el respectivo tratamiento del carbón activado a base de endocarpio de coco, empleando 5.0 gr del producto a una temperatura de 100°C con “una velocidad de 60 rpm y en un lapso de dos minutos”, los resultados cumplen de manera parcial con el tratamiento del agua residual proveniente del lixiviado del botadero municipal, debido a que, con respecto a la DBO

<sub>5</sub>, se obtuvo un resultado que sobrepasan los LMP y los establecido por la normativa de Chile y México. Así mismo los fosfatos muestran un valor que excede la normativa chilena. Cabe indicar que la DQO, los nitratos y el pH, si cumplen con los establecido en el reglamento.

**4.1.9. Prueba de hipótesis para cada tratamiento**

Se hizo uso del programa estadístico SPSS, para el análisis de la varianza y así “aceptar o rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) o alterna ( $H_1$ ) al 95% y 5%”, teniendo en cuenta los 6 ensayos realizados para cada parámetro.

**Tabla 20***Estadística de pruebas emparejadas (SPSS)*

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	DBO5 antes	244,300	6	,0000	,0000
	DBO5 despues	227,83	6	194,894	79,565
Par 2	DQO antes	111,100	6	,0000	,0000
	DQO despues	105,633	6	43,0417	17,5717
Par 3	Nitratos antes	21,100	6	,0000	,0000
	Nitratos despues	9,050000000	6	7,953301201	3,246921619
Par 4	Fosfatos antes	1,300	6	,0000	,0000
	Fosfatos despues	2,795000000	6	1,918475958	,7832145300
Par 5	pH antes	8,720000000	6	,0000000000	,0000000000
	pH despues	7,800	6	,6693	,2733

Una vez obtenido los datos requeridos, se procedió a calcular la significancia para cada parámetro. Para mayor detalle ver Anexo N° 4.

**Tabla 21***Cálculo de la significancia para cada parámetro*

Parámetro	P - Valor	< o >	$\alpha$
DBO5 antes / después	0.844	>	0.05
DQO antes / después	0.768	>	0.05
Nitratos antes / después	0.014	<	0.05
Fosfatos antes / después	0.115	>	0.05
pH antes / después	0.020	<	0.05

**Interpretación:**

Teniendo en cuenta los datos obtenidos se puede concluir que existen diferencias significativas en las concentraciones de los Nitratos y pH antes y después del tratamiento de carbón activado a base de endocarpio de coco, lo que significa que el tratamiento tiene un mayor impacto de remoción en ambos parámetros. Por otro lado, si analizamos los demás parámetros no demostraron mucha diferencia al momento de aplicar el tratamiento por lo que fue necesario la determinación de las condiciones óptimas para la obtención de mejores resultados. Concluyendo:

Si "P-Valor <  $\alpha$ ; se rechaza  $H_0$  (Se acepta  $H_1$ )"

Si “P-Valor >  $\alpha$ ; no se rechaza  $H_0$  (Se acepta  $H_0$ )”

Por lo tanto, se rechaza  $H_0$ , específicamente para los parámetros de Nitratos y pH.

## 4.2. Discusiones

Según Bravo y Garzón (2017), indican que la aplicación de carbón activado a base de desecho agroindustrial de coco (*Cocos nucifera*) es efectivo en la remoción de contaminantes presentes en el agua al obtener un porcentaje de remoción del 75.68%, así mismo, la presente investigación coincide con los autores mencionados, ya que se ha demostrado que con la aplicación de este compuesto a base de residuos orgánicos como lo es el endocarpio de coco se puede dar tratamiento a las aguas residuales, alcanzando resultados óptimos de 85.26% con respecto a la DBO y Nitratos con 89.57%.

En la investigación realizada por Susanivar (2019), el autor emplea carbón activado para la remoción de plomo II presente en las aguas residuales provenientes de la actividad minera. Así mismo, concluye que la obtención de carbón activado puede darse a partir de cualquier residuo orgánico ya sea de cáscaras, epicarpios, endocarpios, etc., siempre y cuando se adicionen grandes cantidades de carbono, llegando alcanzar eficiencias de bioadsorción de plomo (II) con los diferentes carbones activados, mayores al 80%. Si bien en la presente investigación se emplea un carbón activado que fue comprado, esta se encuentra elaborada a partir de un desecho orgánico como lo es el endocarpio de coco y su eficiencia es similar a la alcanzada en la investigación mencionada y se encuentra evidenciada en los resultados.

Espinal (2017), en su investigación señala la eficiencia que tiene el carbón activado a base de cáscara de coco en el tratamiento de aguas residuales. Indica que el carbón activado producido a base de desecho orgánico alcanzó reducir un 99.96% de Aceites y grasas, 98.48% de Coliformes termotolerantes y 56.20% de DBO<sub>5</sub>. Así mismo, el autor indica que realizó diversos ensayos con la finalidad de establecer el que tiene las condiciones más óptimas para el tratamiento de las aguas residuales, determinando que el ensayo TRAT-P es el más efectivo en la remoción de parámetros físico – químicos y microbiológicos. Este aporte concuerda directamente con la presente investigación, ya que se tuvieron que realizar diversos ensayos a diferentes temperaturas (temperatura ambiente, 50°C y 100°C), empleando dos diferentes cantidades de carbón 2.5 gr y 5.0 gr, a una velocidad de 60 rpm y en un tiempo de dos minutos, para así establecer el que arroja mejores resultados en el tratamiento aplicado con carbón activado de endocarpio de coco.

En otra investigación realizada por Lazo (2015), realizó diversas “operaciones y procesos para la producción de carbón activado a base de cáscara de coco, para lo cual aplicó el método de activación química, usando reactivos químicos como el zinc, hidróxido de potasio, ácido fosfórico y ácido sulfúrico”. Obtuvieron carbón activado en polvo de diferentes tamaños de tamices: 200, 160, 90 y aplicaron pruebas para determinar su efectividad en el tratamiento del agua, concluyendo que la investigación realizada arroja buenos resultados.

Finalmente, Rondón, Castillo & Miranda (2020), demostraron que con “la aplicación de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) como medio filtrante en el proceso de tratamiento del agua es eficiente, provocando una disminución de la cantidad de sólidos suspendidos en el agua. Logrando alcanzar una eficacia del 98,55 %, al emplear el material orgánico pulverizado en un tamaño de partícula de 2 mm”. Si bien este tema no se encuentra directamente relacionada con la presente investigación, es importante el aporte debido a que emplea el mismo desecho orgánico y demuestra que puede ser aplicado de diferentes maneras para el tratamiento de aguas residuales.

## CONCLUSIONES

- El agua residual del lixiviado proveniente del botadero municipal de Yacucatina, según la caracterización realizada previo al tratamiento indica valores de: DBO<sub>5</sub> 244.3 mg/L; DQO - 11.1 mg/L; nitratos 21.1 mg/L; fosfatos 1.3 mg/L; pH 8.72, los cuales, según la comparación realizada con los LMP y normativa de México y Chile, indican un exceso del 144% con respecto a la DBO<sub>5</sub>, así mismo, los nitratos también muestran un exceso del 210% con respecto a la normativa mexicana, finalmente, el pH excede en algunas unidades los límites máximos permisibles y la normativa chilena. Los parámetros DQO y fosfatos no exceden los rangos establecidos.
- Se determinó la eficiencia del tratamiento, estableciendo como la más óptima al ensayo N°4, la cual obtuvo remociones de: 85.26% con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos con 89.57%, 2.31% para los Fosfatos y 18.58% para el pH. La Demanda Química de Oxígeno no mostró resultados de eficiencia.
- Se determinaron las condiciones óptimas a emplear para el tratamiento efectivo de las aguas residuales del lixiviado proveniente del botadero municipal Yacucatina aplicando carbón activado elaborado a partir del endocarpio de "coco", para lo cual se estableció una velocidad de agitación de 60 rpm, tiempo de dos minutos, aplicando 5.0 gr del producto a una temperatura de 50°C.
- Se establece que los resultados obtenidos en el ensayo N°4, sí cumplen de manera eficiente con el tratamiento, ya que cumple con lo establecido en los LMP y en la normativa internacional (Chile y México).
- Se acepta la hipótesis planteada: El carbón activado del endocarpio de "Coco" tiene eficiencia en la adsorción de contaminantes químicos en el lixiviado del botadero municipal, específicamente para los parámetros Nitratos y pH.

## RECOMENDACIONES

- A los futuros investigadores que deseen emplear el carbón activado elaborado a partir del endocarpio de coco, evalúen y estudien todos los parámetros establecidos por la normativa nacional (LMP), para así contar con una perspectiva más amplia con respecto al uso de este producto en el tratamiento de las aguas residuales.
- A los gobiernos locales, fomentar el uso del carbón activado elaborado a base de un residuo orgánico como lo es el endocarpio de coco, ya que la obtención de este producto es económico y fácil, su operación es sencilla, es eficiente con respecto al tratamiento de aguas residuales industriales y también en el tratamiento de aguas para consumo humano.
- Se recomienda a las diferentes entidades e industrias emplear esta tecnología para el tratamiento de las aguas residuales antes de ser arrojadas a las fuentes hídricas cercanas o a las redes de alcantarillado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azabache, Y., Colmenares, W. & Richell, Y. (2015) Determinación de la eficiencia del carbón activado obtenido experimentalmente a partir de residuos agrícolas del Alto Mayo. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Hilea Amazónica.
- Bagchi, A. (1990). *Design, construction and monitoring of Sanitary Landfill*. Ed. Wiley, 2da edición, pág. 48. Canadá.
- Barriga, G. (2015). En su investigación: Remoción de metales pesados y DBO5 en efluentes industriales en el sector Metal Mecánico utilizando un consorcio Bacteriano Nativo. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Plata. Arequipa, Perú,
- BBC. (2009). *Crisis mundial por la basura: solo el 16% de los desechos son reciclados*. PUBLICACIONES SEMANA S.A. Recuperado de: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/crisis-mundial-por-la-basura-solo-el-16-de-los-desechos-son-reciclados/44932>
- Hilda, Blas (2016). Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco para adsorber hierro y manganeso en las aguas del río San Luís- Prov. Carlos Fermín. Universidad Cesar Vallejo, Lima – Perú.
- Bolaños, K. (2013). *Disposición Final Segura de Residuos Sólidos Municipales*. Ministerio del Ambiente - Perú. Recuperado de: [ww.minam.gop.pe](http://ww.minam.gop.pe)
- Bravo, K. & Garzón, A. (2017). Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (Cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua (Tesis de pre grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Ecuador.
- CARBOTECNIA. (2020). *¿Qué es el carbón activado?* México. Recuperado de: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-el-carbon-activado/>
- Colomer, J. & Gallardo, A. (2007). *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos*. 1ra edición, Limusa, Universidad Politécnica de Valencia, 9-24 España.
- Christensen, T., Kjeldsen, P., Bjerg, P., Jensen, D., Christensen, J., Baun, A., Albrechtsen, H. & Heron, G. (2001). *Biogeochemistry of landfill leachate plumes*. Applied Geochemistry, Vol. 16, p. 659-718.

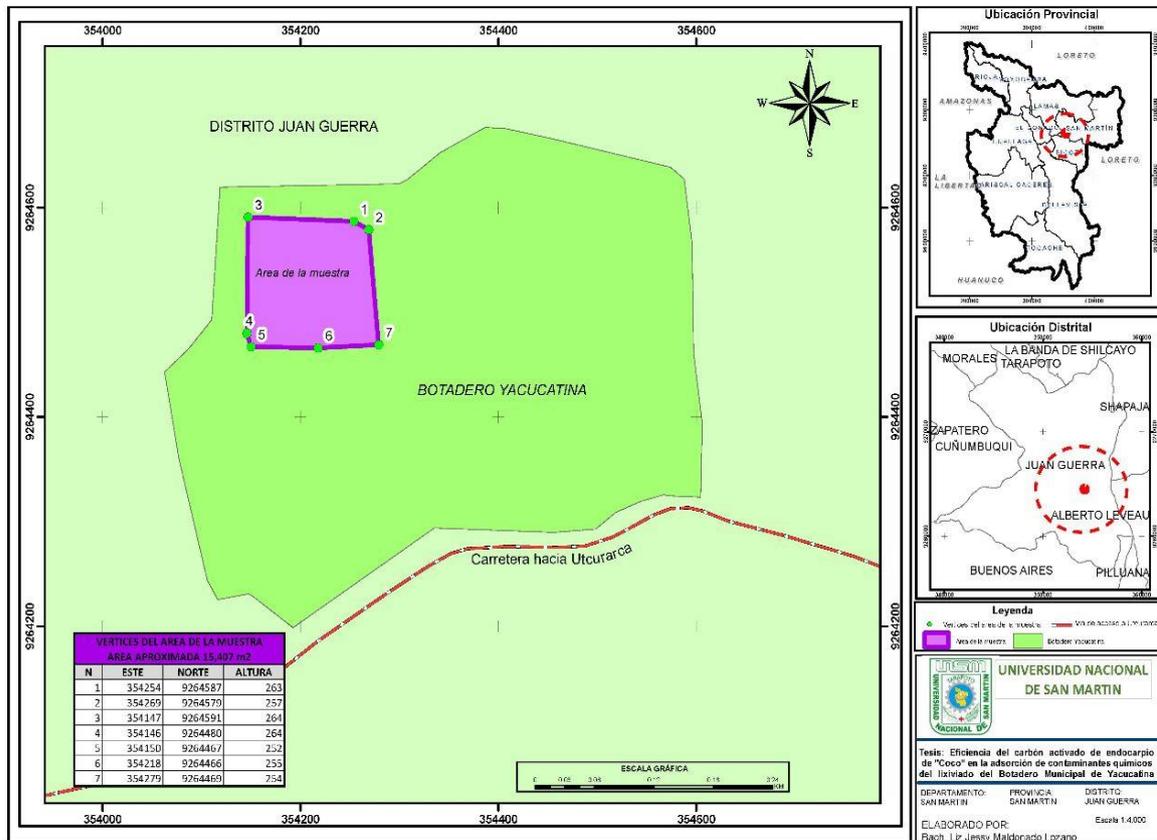
- Del Cañizo, P. (1991). Palmeras. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Deniz, F. (2013). Dye removal by almond shell residues: Studies on biosorption performance and process design. *Materials Science and Engineering*. 33:2821-26.
- Díaz, B. (2018). Evaluación de la Contaminación del suelo por En lixiviados del Botadero Municipal del Distrito de San Pablo. (Tesis de posgrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- Dittert, I. (2014). Integrated reduction/oxidation reactions and sorption processes for Cr (VI) removal from aqueous solutions using *Laminaria digitata* macro-algae. *Chemical Engineering Journal*, 237, 443–454. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2013.10.051>
- Espinal G. (2017). Eficiencia del carbón activado a base de cascara de coco en el tratamiento de aguas residuales domesticas en el AA. HH. 10 de octubre, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima. (Tesis para título). Universidad Cesar Vallejo. 2017
- García F. (2016). Influencia del tratamiento convencional en la calidad del agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba – San Martín (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. Perú.
- Giraldo E. (2001). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: Avances recientes. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 14, 44-55 México.
- Granados, D. & López, G. F. (2002). *Manejo de la palma de coco (cocos nucifera L.) en México*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 8, núm. 1, México, pp. 39- 48
- Hua, M., et al. (2012). *Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides*. *Journal of Hazardous Materials*, 211-212, 317-331.
- Jiménez, I, Rondón, W., Rojas, L., Rojas, B., Prin, J., Freire, D., Díaz, Y., Pino, K. & González, O. (2017). Síntesis de carbón activado a partir de epicarpio de *Attalea macrolepis* y su aplicación en la remoción de Pb<sup>2+</sup> en soluciones acuosas. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (2) 303-316. DOI: 10.20937/RICA.2017.33.02.11
- Lazo, R. (2015). *Operaciones y procesos para la producción de carbón activado a partir de la cascara de coco* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Callao. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/1043/246.pdf?sequence=1&>

- Loria, M. (1993). *Verde palma*. Dirección General de Extensión, Departamento de Difusión Cultural de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México.
- MINAM. (2016). *Guía para muestreo de suelos*. (Decreto supremo N° 002-2013-minam, estándares de calidad ambiental - ECA para suelo). Perú. 39 pp.
- MINISTERIO DE SALUD. (1997) *Disposición correcta de la basura: El relleno sanitario*. Costa Rica. Recuperado de: <https://www.binasss.sa.cr/poblacion/rellenosanitario.htm>
- Navarrete, D., Quijano, N. & Vélez, C. (2014). *Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador.
- Ñahui, L. & Acosta, D. (2021). *Efecto de la descarga de lixiviado del ex botadero El Edén en el cuerpo de agua adyacente, sector Yauris, distrito de El Tambo, Provincia de Huancayo* (Tesis de pregrado). Universidad Continental.
- Oré, F., Lavado, C. & Bendezú, S. (2015). *Biosorción de Pb (II) de en lixiviados de mina usando el marlo de maíz (Zea mays)*. Revista Scielo. Revista Soc. Quím. Perú.
- Quero, H. (1994). *Flora de Veracruz*. Fascículo No. 81 PALMAE. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. México.
- Ramírez, A., Giraldo, S., Flórez, E. & Acelas, N. (2017). *Preparación de carbón activado a partir de residuos de palma de aceite y su aplicación para la remoción de colorantes*. Revista Colombiana de Química. ISSN 0120-2804, vol. 46, núm. 1, pp. 33-41.
- Rojas J., Gutiérrez E. & Colina G. (2016). *Obtención y caracterización de carbón activado obtenido de lodos de plantas de tratamiento de agua residual de una industria avícola*. ISSN 1405-7743. Revista Scielo. Ing. invest. y tecnol. vol.17 no.4 México.
- Rondón, A., Castillo, L. & Miranda, J. *Uso de la cáscara de coco (Cocos nucifera) como medio filtrante en el tratamiento del agua del campo El Salto, Venezuela*. Revista de ingeniería y desarrollo. ISSN 2145-9371. Vol. 38 n.º 1, pp 128-147
- Sánchez, J. (2018). *Biosorción de plomo y cadmio con la tusa de maíz (Zea mays. I.), en las aguas del río Rímac- zona de Corcona, huarochirí*. Perú. Recuperado de: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/28170/Sanchez\\_QJM.pdf](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/28170/Sanchez_QJM.pdf)
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua-Evaluación y diagnóstico*. 1ª Edición. Medellín: Ediciones de la U. Colombia.

- Susanivar, M. (2019). Bioadsorción de Plomo II En aguas contaminadas por la actividad minera utilizando carbón activado (Tesis de pre grado). Universidad Científica del Sur. Perú.
- Vizcaíno, L. & Fuentes, N. (2015). *Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna*. Universidad de Guajira. Cien. Ing. Neogranadina, 25(1): 43-60, Colombia.
- Yachas, J. (2019). Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Perú.

## **ANEXOS**

Anexo 01: Mapa de ubicación del botadero municipal de Yacucatina



**Anexo 02: Panel fotográfico**

Foto 1. Poza de lixiviados – Botadero Municipal de Yacucatina



Foto 2. Colección de lixiviados - Botadero Municipal de Yacucatina



Foto 3. Homogenización de las muestras de lixiviados



Foto 4. Rotulado y etiquetado



Foto 5. Carbón activado



Foto 6. Medición de DBO

## Anexo 03. Registro de análisis



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**  
 Laboratorio de Ingeniería Sanitaria

**Información**

Tipo de muestra: Agua

Muestreado por:

- Liz Jessy Maldonado Lozano

Ensayos realizados por:

- Ing. Yrwin Francisco Azabache Liza
- Liz Jessy Maldonado Lozano

Caracterización inicial.

Fecha: 09/11/2021

Parámetro	Unidades	M1	M2	M3
DBO <sub>5</sub>	mg/L	234	257	242
DQO	mg/L	123	104.8	105.5
Nitratos	mg/L	20.8	22	20.5
Fosfatos	mg/L	1.26	1.55	1.22

Ensayo N° 1

Fecha: 10/11/2021

Hora: 8:00 a.m.

<b>Carbonización</b>	Temperatura ambiente	
<b>Peso</b>	2.5 gr.	
<b>Velocidad</b>	60 RPM	
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	81
DQO	mg/L	115
Nitratos	mg/L	18
Fosfatos	mg/L	1.26

Ensayo N°2

Fecha: 10/11/2021

Hora: 10:30 a.m.

<b>Carbonización</b>	Temperatura ambiente	
<b>Peso</b>	5.0 gr.	
<b>Velocidad</b>	60 RPM	
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	56
DQO	mg/L	149
Nitratos	mg/L	6.7
Fosfatos	mg/L	2.28

Ensayo N°3

Fecha: 10/11/2021

Hora: 12:00 p.m.

<b>Carbonización</b>	50°C	
<b>Peso</b>	2.5 gr.	
<b>Velocidad</b>	60 RPM	
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	339
DQO	mg/L	101
Nitratos	mg/L	3.6
Fosfatos	mg/L	5.8

Ensayo N°4

Fecha: 11/11/2021

Hora: 9:30 a.m.

<b>Carbonización</b>	50°C	
<b>Peso</b>	5.0 gr.	
<b>Velocidad</b>	60 RPM	
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	36
DQO	mg/L	134
Nitratos	mg/L	2.2
Fosfatos	mg/L	1.27

Ensayo N°5

Fecha: 11/11/2021

Hora: 11:00 a.m.

<b>Carbonización</b>	100°C	
<b>Peso</b>	2.5 gr.	
<b>Velocidad</b>	60 RPM	
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	357
DQO	mg/L	109.5
Nitratos	mg/L	20.2
Fosfatos	mg/L	1.62

Ensayo N°6

Fecha: 11/11/2021

Hora: 2:30 p.m.

<b>Carbonización</b>	100°C	
<b>Peso</b>	5.0 gr.	
<b>Velocidad</b>	60 RPM	
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado</b>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	498
DQO	mg/L	25.3
Nitratos	mg/L	3.6
Fosfatos	mg/L	4.54




---

Ms. Ing. Yrwin Francisco Azabache Liza  
Encargado de laboratorio de Ingeniería Sanitaria

**Anexo 04.** Registro de asistencias al Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Martín.



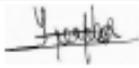
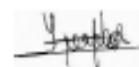
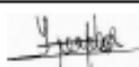
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

**FACULTAD DE ECOLOGIA**

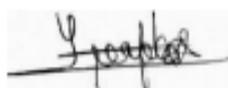
**Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria**

**Laboratorio de Ingeniería Sanitaria**

REGISTRO DE ASISTENCIA AL LABORATORIO

Fecha	Hora de entrada	Hora de salida	Nombre usuario del laboratorio	Firma responsable del laboratorio
9/11/2021	8:30 a.m.	1:30 p.m.	Liz Jessy Maldonado Lozano	
10/11/2021	8:00 am	2:00 pm	Liz Jessy Maldonado Lozano	
11/11/2021	9:30 am	4:00 pm	Liz Jessy Maldonado Lozano	

Atte.:



Ing. Yrwin Francisco Azabache Liza

**Anexo 05.** Prueba de muestras relacionadas – SPSS

		<b>Prueba de muestras emparejadas</b>							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	DBO5 antes - DBO5 despues	16,4667	194,8942	79,5652	-188,0623	220,9956	,207	5	,844
Par 2	DQO antes - DQO despues	5,4667	43,0417	17,5717	-39,7028	50,6361	,311	5	,768
Par 3	Nitratos antes - Nitratos despues	12,05000000	7,953301201	3,246921619	3,703522265	20,39647774	3,711	5	,014
Par 4	Fosfatos antes - Fosfatos despues	-1,49500000	1,918475958	,7832145300	-3,50831704	,5183170442	-1,909	5	,115
Par 5	pH antes - pH despues	,9200000000	,6693280212	,2732520204	,2175833197	1,622416680	3,367	5	,020

# Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina

*por* Liz Jessy Maldonado Lozano

---

**Fecha de entrega:** 23-oct-2023 10:51a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2200738199

**Nombre del archivo:** tesis\_-\_liz\_maldonadoVF.docx (2.86M)

**Total de palabras:** 12761

**Total de caracteres:** 66844

# Eficiencia del carbón activado de endocarpio de "coco", en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://simag.mag.gob.sv">simag.mag.gob.sv</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://tesis.unsm.edu.pe">tesis.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://backup.chapingo-cori.mx">backup.chapingo-cori.mx</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1%