

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**



**REMOCIÓN DE FIERRO DEL EFLUENTE DEL CAMAL
MUNICIPAL DE JAÉN EMPLEANDO CARBÓN
ACTIVADO OBTENIDO DEL ENDOCARPIO DE *Cocos
nucifera***

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autores:

Bach. Julca Velásquez Dianira Mirela
Bach. Meneses Bustamante Carlos Anthony

Asesor:

Dr. Vera Zelada Persi

Línea de investigación:

Innovación tecnológica para el desempeño y competitividad para la calidad ambiental

JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE, 2024

NOMBRE DEL TRABAJO

**REMOCIÓN DE FIERRO DEL EFLUENTE D
EL CAMAL MUNICIPAL DE JAÉN EMPLE
ANDO CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO D
EL E**

AUTOR

**Julca Velásquez Dianira Mirela Meneses
Bustamante Carlos Anthony**

RECUENTO DE PALABRAS

8358 Words

RECUENTO DE CARACTERES

45691 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

52 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.6MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 16, 2024 4:47 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 16, 2024 4:48 PM GMT-5

● **11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el 06 de noviembre del 2024, siendo las 09:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado Evaluador designados con Resolución N° 096-2023-UNJ

Presidente : Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo
Secretario : Dr. Lupo Varas Ponce
Vocal : Dr. Segundo Sánchez Tello

Para evaluar la sustentación del Informe Final de Tesis titulado: "REMOCIÓN DE FIERRO DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE JAÉN EMPLEANDO CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DEL ENDOCARPIO DE *Cocos nucifera*", presentado por los bachilleres JULCA VELÁSQUEZ DIANIRA MIRELA Y MENESES BUSTAMANTE CARLOS ANTHONY, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, teniendo como asesor al Dr. Persi Vera Zelada.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado Evaluador acuerda:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	(14)
Regular	13	()
Desaprobado	12 o menos	()

Siendo las 10:00 horas, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo
Presidente Jurado Evaluador

Dr. Lupo Varas Ponce
Secretario Jurado Evaluador

Dr. Segundo Sánchez Tello
Vocal Jurado Evaluador

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MATERIAL Y MÉTODOS	13
2.1. Materiales	13
2.2. Ubicación.....	14
2.3. Población, muestra y muestreo	16
2.4. Métodos	16
III. RESULTADOS	23
3.1. Obtección de carbón activado artesanalmente a partir del endocarpio de <i>Cocos nucifera</i> . 23	
3.2. Construcción de un filtro de carbón activado, empleando botellas de plástico reciclable.	24
3.3. Caracterización del efluente del Camal Municipal en los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, turbidez y Fierro	26
3.4. Determinación de la mejor proporción de adsorción de Fierro en el efluente después de la adsorción con el Carbón Activado Obtenido (CAO), en las siguientes proporciones: 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100 mL efluente.	26
3.5. Análisis estadístico:.....	28
IV. DISCUSIÓN.....	36
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. Conclusiones.....	39
5.2. Recomendaciones	40
VI. REFERENCIAS	41
AGRADECIMIENTO	46
DEDICATORIA.....	47
ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Área de recolección de los residuos de <i>Cocos nucifera</i>	14
Figura 2. Camal Municipal Regulo Bernal Torres	15
Figura 3. Diagrama de flujo de la obtención de carbón activado a partir del endocarpio de <i>Cocos nucifera</i>	18
Figura 4. Curva de calibración de absorbancia mg Fe/L.....	22
Figura 5. Diagrama del carbón activado obtenido artesanalmente a partir del endocarpio de <i>Cocos nucifera</i>	23
Figura 6. Diagrama del prototipo de filtro para el tratamiento de aguas residuales empleando carbón activado obtenido del endocarpio de <i>Cocos nucifera</i>	24
Figura 7. Porcentaje de adsorción con el CAO, en las siguientes proporciones T1=50 g CAO/100 mL efluente, T2 =100 g CAO/100 mL efluente, T3=150 g CAO/100 mL efluente y T4=200 g CAO/100 mL efluente	27

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tiempo de filtrado en las siguientes proporciones de 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100 mL efluente	25
Tabla 2. Cantidad de agua filtrada en las siguientes proporciones de 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100 mL efluente ...	25
Tabla 3. Caracterización del pH, conductividad eléctrica, turbidez y Hierro de la muestra cruda residual del CMRBT.....	26
Tabla 4. Adsorción con el CAO, en las siguientes proporciones T1=50 g CAO/100 mL efluente, T2 =100 g CAO/100 mL efluente, T3=150 g CAO/100 mL efluente y T4=200 g CAO/100 mL efluente	26
Tabla 5. Porcentaje de adsorción con el CAO, en las siguientes proporciones T1=50 g CAO/100 mL efluente, T2 =100 g CAO/100 mL efluente, T3=150 g CAO/100 mL efluente y T4=200 g CAO/100 mL efluente	27
Tabla 6. Resumen del procesamiento de casos APT y DPT	28
Tabla 7. Estadísticas descriptivas Post-Tratamiento	29
Tabla 8. Prueba de normalidad Post-Tratamiento	29
Tabla 9. Método de Análisis de Varianza (ANOVA): fuente de variación y cálculos asociados	30
Tabla 10. Análisis de Varianza: Resumen de estadísticas y sumas de cuadrados.....	33
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA): fuente de variación y estadísticas asociadas	33
Tabla 12. Comparación de diferencias poblacionales y muestrales entre grupos	35

ÍNDICE DE ECUACIONES

pág.

Ecuación 1. Fórmulas para el cálculo de suma de cuadrados en análisis de varianza (ANOVA)	
.....	32
Ecuación 2. Prueba Tukey o Diferencia significativa Honesta	34

RESUMEN

Las aguas residuales generadas por el Camal Municipal "Régulo Bernal Torres" en el distrito de Jaén, no son tratadas adecuadamente, incumpliendo con el reglamento N° 010-2019-VIVIENDA, la cual norma los valores máximos admisibles. El Carbón Activado Obtenido (CAO) del endocarpio de *Cocos nucifera* es uno de los métodos más eficientes para tratar aguas residuales para ello se determinó la mejor proporción de adsorción de Fierro en el efluente del Camal Municipal; en las siguientes proporciones: 50 g de CAO/100 mL de efluente, 100 g de CAO/100 mL de efluente, 150 g de CAO/100 mL de efluente y 200 g de CAO/100 mL de efluente. El esquema experimental aplicado fue al azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones, utilizando distintas cantidades de carbón activado. Se caracterizaron parámetros como la turbidez, pH, conductividad eléctrica y contenido de Fierro. Los porcentajes de remoción de Fierro fueron evaluados con el software estadístico SPSS, versión 22, para realizar el análisis de la prueba de normalidad, ANOVA y Tukey. Se demostró que existe una diferencia significativa entre los 4 tratamientos, siendo el tratamiento 4 el más eficiente y el menos eficiente fue el tratamiento 1, concluyendo que el CAO artesanalmente del endocarpio de *Cocos nucifera* remueve el Fierro del efluente del Camal Municipal de Jaén "Régulo Bernal Torres" en el distrito de Jaén, logrando una remoción del 97.8% de Fe.

Palabras claves: Aguas residuales, adsorción, efluente, filtro, faenamiento.

ABSTRACT

Wastewater generated by the “Régulo Bernal Torres” municipal slaughterhouse in the district of Jaén is not adequately treated, in violation of regulation No. 010-2019-VIVIENDA, which establishes maximum allowable values. Activated Carbon Obtained (CAO) from the endocarp of *Cocos nucifera* is one of the most efficient methods to treat wastewater; therefore, the best proportion of iron adsorption in the effluent of the Municipal Camal was determined in the following proportions: 50 g of EAC/100 mL of effluent, 100 g of EAC/100 mL of effluent, 150 g of EAC/100 mL of effluent and 200 g of EAC/100 mL of effluent. The experimental scheme applied was randomized, with 4 treatments and 3 replicates, using different amounts of activated carbon. Parameters such as turbidity, pH, electrical conductivity, and iron content were characterized. The percentages of iron removal were evaluated with SPSS statistical software, version 22, to perform the analysis of the normality test, ANOVA and Tukey. It was demonstrated that there is a significant difference between the 4 treatments, with treatment 4 being the most efficient and the least efficient was treatment 1, concluding that the CAO by hand from the endocarp of *Cocos nucifera* removes iron from the effluent of the Municipal Camal of Jaén “Régulo Bernal Torres” in the district of Jaén, achieving a removal of 97.79% of Fe.

Keywords: Wastewater, adsorption, effluent, filter, slaughtering.

I. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales generadas por el Camal Municipal "Régulo Bernal Torres" en el distrito de Jaén, provincia de Jaén, región Cajamarca, se emiten un aproximado de 1200 m³ de agua por día de faenamiento y no son tratadas adecuadamente (EPS MARAÑÓN S.A (2023), incumpliendo con el reglamento N° 010-2019-VIVIENDA, la cual norma los valores máximos admisibles para las descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario (Medina, 2022).

Según la investigación realizada por Delgado (2019), las aguas provenientes del Camal de Jaén, contienen diversos agentes contaminantes, como son: sólidos, pelos, sangre, detergentes (utilizados para la limpieza de las instalaciones), excretas, etc., produciendo problemas a las poblaciones aledañas y también a la flora y fauna del río Amojú. Así mismo, el deterioro del sistema de alcantarillado del Camal Municipal produce infiltraciones del agua residual; convirtiéndose en uno de los principales factores de contaminación, del suelo, nivel freático y acuíferos libres, significando un peligro para la sostenibilidad del recurso (Gonzales, 2023).

Existen procesos de tratamientos de aguas residuales, como el uso del carbón activado, empleándose para la remoción de turbidez, color, olores, metales pesados, gases y otros; este proceso es considerado un tratamiento terciario y está demostrado que ayuda a mejorar la calidad físico-química de los efluentes residuales de diversas industrias. El carbón activado se obtiene de fuentes naturales, entre ellas los residuos del coco (Bonilla, 2017).

Reyes & De La Cruz (2021) indican que, el carbón activado es un término general para los adsorbentes compuestos de carbono, caracterizado por una gran superficie interna y una estructura porosa que permite la adsorción de impurezas. En la región nor oriental del Marañón, la producción de *Cocos nucifera*, según el INEI (2018), fue de 823 Tm. Generalmente se aprovecha la pulpa que es la parte comestible y la solución acuosa denominada "agua de coco", se consumen directamente (Rios et al., 2019). El endocarpio (cáscara) generalmente es desechado, sin embargo, es el principal insumo para la producción de Carbón Activado (CA), el cual posee propiedades adsorbentes y es empleado para la remoción de contaminantes de aguas residuales provenientes de la industria minera, alimentaria, textilera, curtiembre, cárnicas, etc.

La producción de coco en la provincia de Jaén, región Cajamarca, se ha convertido en una actividad comercial, centrándose en la obtención del fruto y desechándose el endocarpio de *Cocos nucifera*, sin embargo, la creciente industria del carbón activado ha encontrado en el endocarpio de *Cocos nucifera* una fuente sostenible y abundante, que no solo ayuda a reducir residuos agrícolas, sino que también promueve un modelo de economía circular.

Para un eficiente tratamiento de aguas residuales empleando carbón activado del endocarpio de *Cocos nucifera*, se desarrollan sistemas de filtración empleando botellas plásticas recicladas, caracterizado por su sencillez, eficiencia y bajo costo para remover la turbidez, Anaya et al. (2007). De igual manera Caro (2017), diseñó un prototipo funcional como prueba piloto, el cual consistió en una estructura construida a partir de una botella plástica reciclada con una capacidad de 2 L.

La presente investigación tiene por finalidad remover el Fierro del efluente del Camal Municipal, aprovechando el endocarpio de *Cocos nucifera* para la obtención de carbón activado, como una alternativa ecológica, económica y sustentable con el medio ambiente para el tratamiento de aguas residuales. Teniendo como objetivos específicos : obtener carbón activado artesanalmente a partir del endocarpio de *Cocos nucifera*; construir un filtro de carbón activado, empleando botellas de plástico reciclable; caracterizar el efluente del Camal Municipal en los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, turbidez y Fierro, y determinar la mejor proporción de adsorción de Fierro en el efluente después de la adsorción con el CAO, en las siguientes proporciones 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100 mL efluente.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Equipos: Balanza analítica (marca ADAM EQUIPMENT), multiparámetro (marca WTW, modelo multi 3630 IDS), potenciómetro pH (marca Hanna), conductímetro (marca Hanna), turbidímetro (marca Merck), estufa (marca JSR), espectrofotómetro UV-VIS (marca único- serie 1200), pirómetro (marca Tomamtery), todos procedentes del laboratorio de la Facultad de ingeniería Forestal y Ambiental.

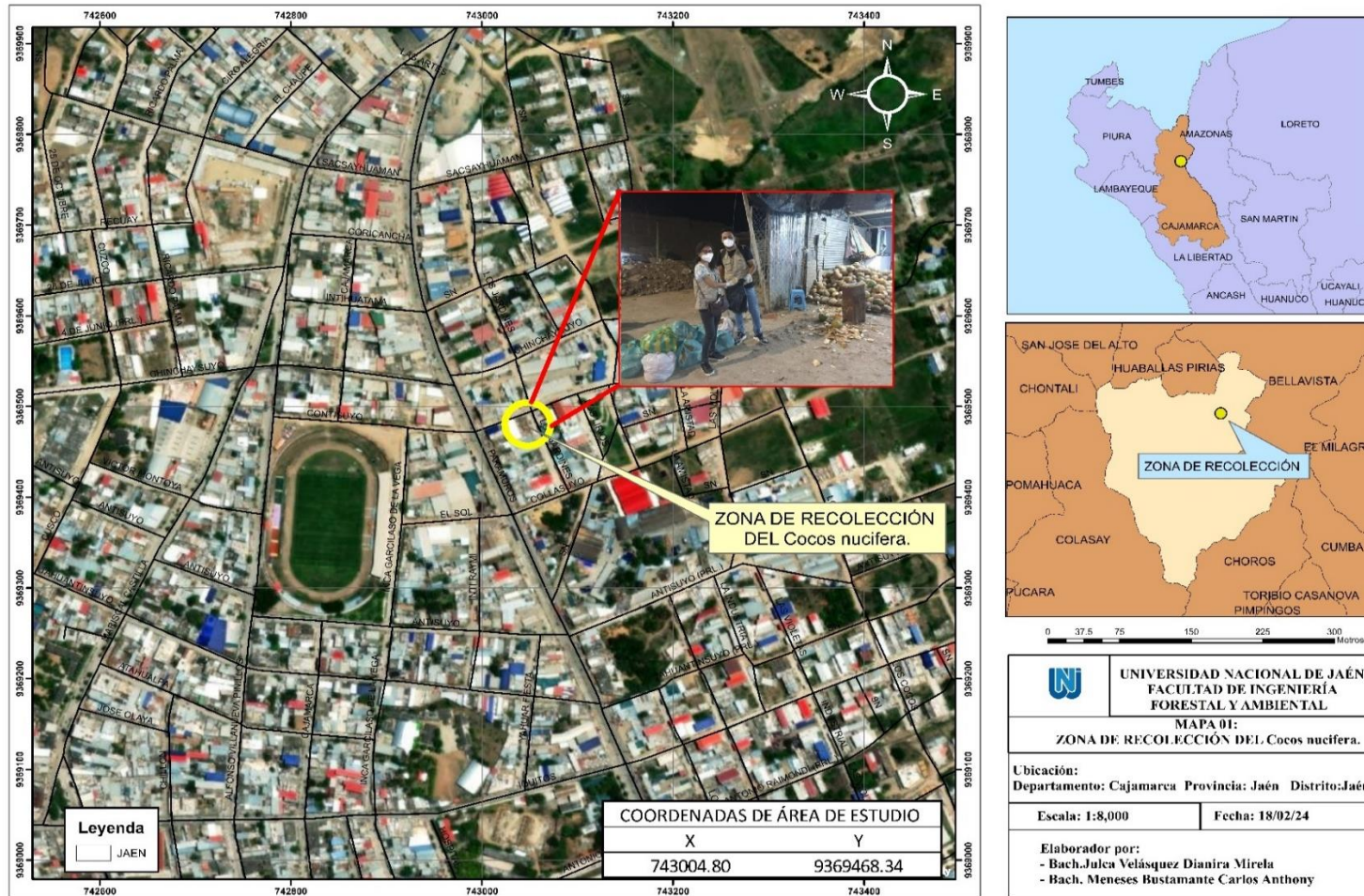
Materiales Vasos de precipitación (100 mL), probetas (100 mL), Matracas Erlenmeyer (500 mL), fiolas (100 mL), GPS (marca Garmin GPSMAP 65), cámara fotográfica, laptop (marca Hp Core I5), Jarra de medio litro, guantes, mascarillas, envases esterilizados de 50 mL, molino, cuchillo, tamiz (2 mm), corcho, libreta de apuntes, lapiceros, mochila.

Reactivos: Cloruro de hidroxilamina al 10% de Pureza ($\text{NH}_2\text{OH HCl}$), acetato de sodio al 10% de pureza ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$), ácido fosfórico al 85% de pureza (H_3PO_4), fenantrolina al 0.2 % ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$).

2.2. Ubicación

Figura 1

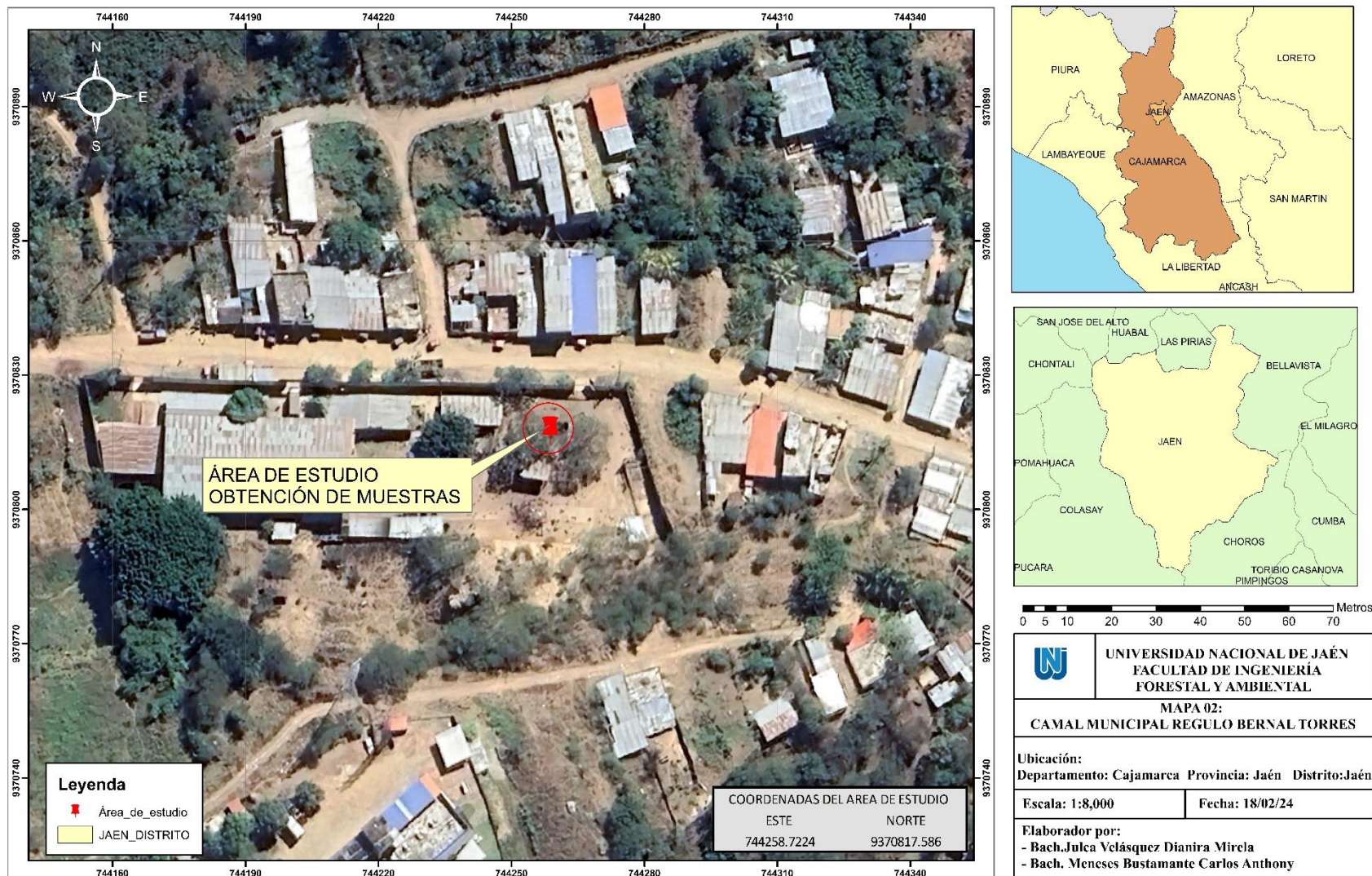
Área de recolección de los residuos de Cocos nucifera



Nota: El punto de ubicación se tomó con ayuda de GPS (Garmin GPSMAP 65); y la base de datos se obtuvo de GEO GPS PERÚ.

Figura 2

Camal Municipal Regulo Bernal Torres



Nota: El punto de ubicación se tomó con ayuda de GPS (Garmin GPSMAP 65); y la base de datos se obtuvo de GEO GPS PERÚ.

2.3. Población, muestra y muestreo

Población: Se consideró el efluente del Camal Municipal de Jaén “Régulo Bernal Torres” debido a que este camal recibe y procesa los desechos de la actividad ganadera, que incluyen los residuos de la población de animales sacrificados.

Muestra: Se utilizó una muestra representativa de 10 litros del efluente del Camal Municipal de Jaén para realizar diferentes tratamientos. La obtención de la muestra de agua del camal se realizó, considerando el protocolo vigente de monitoreo de agua residual indicado por Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2007).

Muestreo: Se realizó un muestreo simple, ya que la toma de muestra fue de un punto específico y única vez. Se empleó el muestreo no probabilístico, ya que las muestras no probabilísticas dependerán de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación, (Hernández et al., 2014).

2.4. Métodos

2.4.1. Obtención de carbón activado artesanalmente a partir del endocarpio de *Cocos nucifera*.

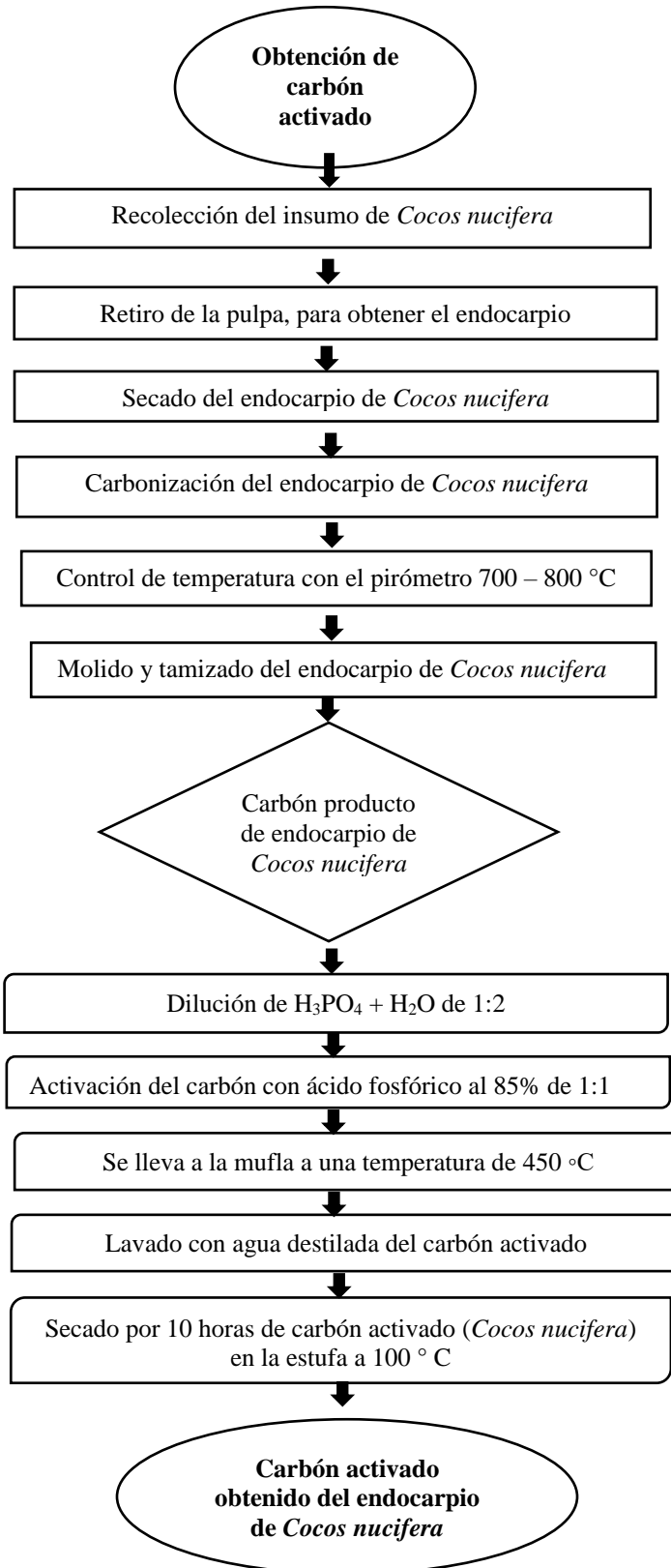
Para la obtención del carbón activado de *Cocos nucifera* (CAO), se llevó a cabo la recolección en la Avenida Pakamuros cuadra 16. Para obtener 2.5 kg de carbón, se emplearon 25 kg de endocarpio de *Cocos nucifera*. En primer lugar, se retiró la fibra, después se realizó el corte para retirar la pulpa, dejando únicamente el endocarpio. A continuación, se realizó el proceso de secado al aire libre y luego se sometió al proceso de carbonización. Para realizar el proceso de carbonización se empleó una cocina mejorada, el control de la temperatura se realizó con un pirómetro a una temperatura de 700- 800 °C. Una vez obtenido el carbón del endocarpio de coco, el producto se dejó enfriar por un lapso de 24 horas, luego se procedió a molerlo y tamizarlo hasta alcanzar un tamaño de partícula de 2 mm.

Para la activación del carbón, se empleó una modificación de la técnica propuesta por Reinoso (2005), citado por (Luna et al., 2007), la activación del carbón a partir del endocarpio del *Cocos nucifera*, se lleva a cabo empleando carbón de tamaño de partícula de 2 mm, se trabajó en una proporción de 1:2 de H₃PO₄ y agua destilada, seguidamente se añade una relación de carbón vegetal y agente activante en este caso de la solución de ácido fosfórico al 85% de 1:1, a una temperatura de 450 °C, durante 3 horas en la mufla, logrando obtenerse un carbón hidrofílico de poros más anchos muy apropiado para aplicaciones en fase líquida.

Una vez obtenido el carbón activado del endocarpio de *Cocos nucifera*, se procedió a lavarlo con 10L de agua destilada hasta alcanzar un pH entre 6 y 7. Luego, se dejó secar el carbón activado a una temperatura de 100 °C en una estufa durante un período de 10 horas. Finalmente, el carbón activado se almacenó en un frasco esterilizado, evitando el contacto con el oxígeno, según lo sugerido por Achury (2008), (Ver figura 3), (Ver anexo 2).

Figura 3

Diagrama de flujo de la obtención de carbón activado a partir del endocarpio de *Cocos nucifera*



2.4.2. Construcción de un filtro de carbón activado obtenido, empleando botellas de plástico reciclable.

Se realizó una modificación a escala de la técnica propuesta por Meléndez et al. (2022) para la construcción de un filtro, utilizando botellas plásticas recicladas. Se seleccionó este tipo de recipiente debido a su bajo costo y facilidad de manipulación.

Se tomaron botellas de un litro de alcohol, las cuales fueron limpiadas y desinfectadas. Posteriormente, se recortó la parte superior de la botella, alrededor de 5 centímetros desde la tapa hacia abajo. Estas botellas modificadas se llevaron a una cocina a gas donde fueron moldeadas para ampliar su tamaño, permitiendo así que la tela también cupiera dentro. Como resultado, se obtuvo el prototipo estratégico.

Dentro de la botella de plástico se colocó carbón activado, siguiendo las relaciones de peso a volumen descritos en el proyecto de tesis. El carbón activado se dispuso sobre 0.125 m² de tela cruda que actuaba como filtro. La muestra de agua residual del CMRBT se añadió por la parte superior del filtro y está fluyó a través de un agujero de aproximadamente 3 mm ubicado en la parte inferior. Esta agua filtrada se recogió en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, quedando lista para las evaluaciones propuestas (Ver figura 3), (Ver anexo 3).

2.4.3. Caracterización del efluente del Camal en los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, turbidez y Fierro.

2.4.3.1. Determinación del pH del agua residual del CMRBT

Para la medición pH se utilizó el potenciómetro marca HANNA, modelo HI 991003. Primero se calibró el electrodo con las soluciones, de códigos 700004 y 700007, las cuales pertenecen al mismo fabricante del potenciómetro y evitan mediciones inexactas. Seguidamente se filtró la muestra de agua residual, posteriormente se colocó el electrodo dentro del vaso precipitado con la muestra de agua residual y se esperó 30 minutos hasta que se establezca la medición en la pantalla (Ver tabla 3), (Ver anexo 4).

2.4.3.2. Determinación de la conductividad eléctrica del agua Residual del CMRBT

Se utilizó el conductímetro marca HANNA, modelo HI 99301. Primero se calibró el electrodo con la solución de código HI 7030, la cual pertenece al mismo fabricante del conductímetro y evitan mediciones inexactas. Luego se filtró la muestra en un vaso de precipitación de 500 mL, se colocó el electrodo calibrado dentro del vaso precipitado con la muestra de agua residual y se esperó 30 minutos hasta que se establezca la medición en la pantalla (Ver tabla 3), (Ver anexo 4).

2.4.3.3. Determinación de la turbidez del agua residual del CMRBT

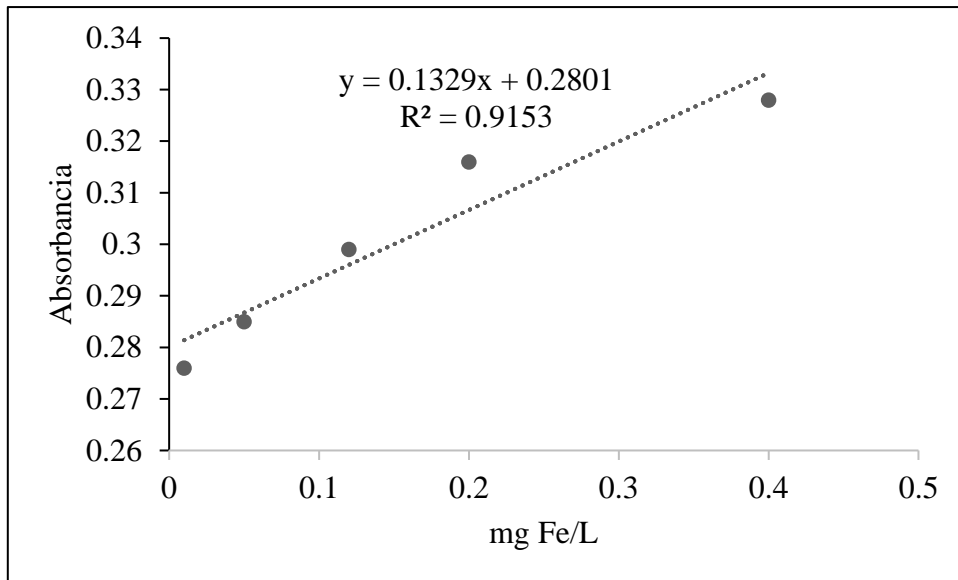
Se utilizó el turbidímetro marca Merck. Se conectó el instrumento presionando ON/OFF, cuando el LCD mostró guiones, el instrumento quedó listo. Luego se limpió una cubeta de vidrio minuciosamente con un paño sin pelusa para eliminar las huellas dactilares, suciedad o manchas de agua. En un vaso de precipitación de 100 mL de capacidad se vertió 50 mL de la muestra filtrada, seguidamente se llenó la cubeta de vidrio limpia y seca con 10 mL de muestra de agua residual filtrada hasta la marca, teniendo cuidado de sujetar la cubeta por la tapa, esta se colocó dentro de la celda y se procedió a realizar la lectura de la turbidez (Ver tabla 3), (Ver anexo 4).

2.4.3.4. Determinación de Hierro del agua residual del CMRBT

Se llevó a cabo la recolección de muestras crudas y filtradas con carbón activado del endocarpio de *Cocos nucifera* provenientes del agua residual del Camal Municipal Regulo Bernal Torres. Se procedió a filtrar las muestras con el fin de eliminar cualquier componente sólido. La siguiente fase del estudio involucró el uso de un espectrofotómetro visible de la marca UNICO 1200, para cuantificar la absorbancia de la solución de muestra. Para llevar a cabo esta medición, se realizó una preparación de patrón de calibración, para construir la curva de calibración (Ver figura 4). Los resultados de las lecturas de absorbancia se realizan a 510 nm. Como lo estipula el protocolo descrito en el manual de prácticas de laboratorio química analítica y (Verde et al; 2013), (Ver anexo 5).

Figura 4

Curva de calibración de absorbancia mg Fe/L



2.4.4. Determinación de la mejor proporción de adsorción de Hierro en el efluente después de la adsorción con el Carbón obtenido (CAO), en las siguientes proporciones: 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100mL efluente.

Para determinar la cantidad de Hierro presente en las muestras analizadas se emplearon: cloruro hidroxilamina al 10%, acetato de sodio con una pureza del 10% y fenantrolina al 0.2%.

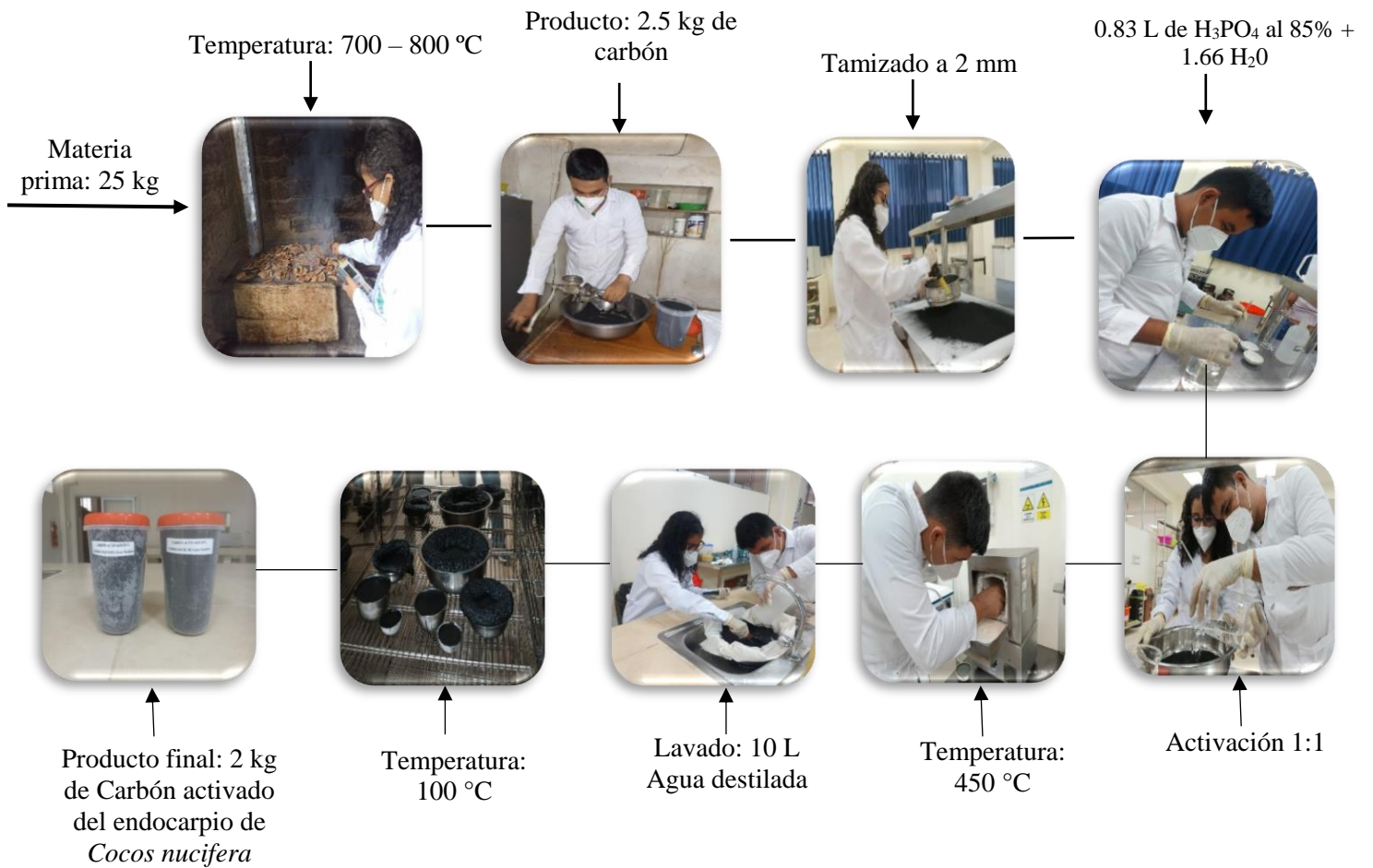
Se llevo a cabo según el protocolo la toma de lecturas, comenzando siempre con la medición del blanco (agua destilada) y luego procediendo con las muestras. Se realizaron cuatro tratamientos, cada uno con tres repeticiones, y se incluyó una muestra sin tratar en el proceso (Ver tabla 4).

III. RESULTADOS

3.1 Obtención de carbón activado artesanalmente a partir del endocarpio de *Cocos nucifera*.

Figura 5

Diagrama del carbón activado obtenido artesanalmente a partir del endocarpio de *Cocos nucifera*

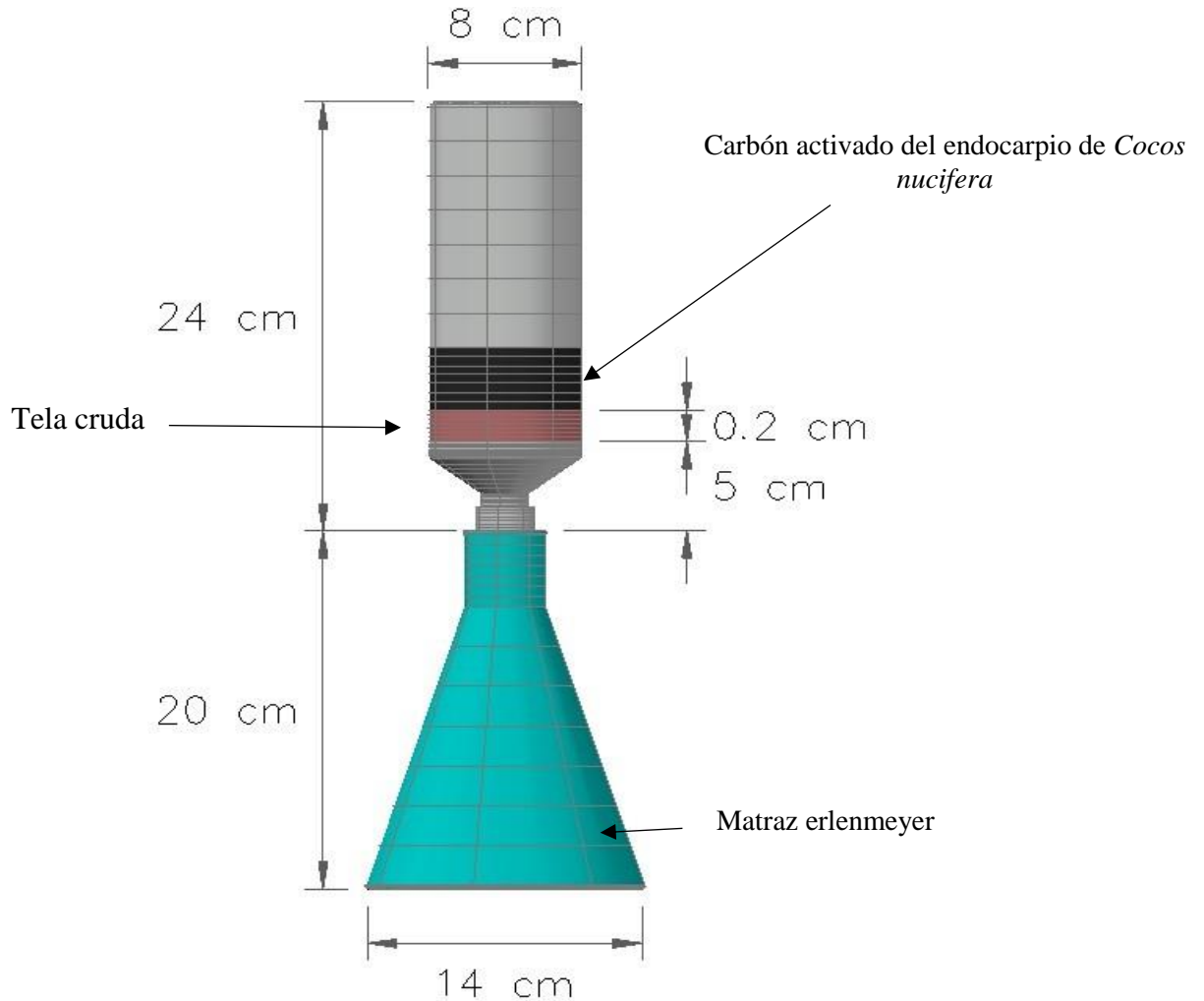


En la figura 5, el diagrama muestra el proceso de obtención de carbón activado a partir del endocarpio de *Cocos nucifera*. Se inicia con 25 kg de materia prima, la cual se somete a un proceso de carbonización a una temperatura de 700-800 °C, obteniendo 2.5 kg de carbón. Para después activarlo con H₃PO₄ al 85%, luego el carbón se tamiza a 2 mm y se lava con 10 L de agua destilada. Finalmente, se activa, obteniendo un producto final de 2 kg de carbón activado.

3.2. Construcción de un filtro de carbón activado, empleando botellas de plástico reciclable.

Figura 6

Diagrama del prototipo de filtro para el tratamiento de aguas residuales empleando carbón activado obtenido del endocarpio de *Cocos nucifera*



En la figura 6, el diagrama muestra un prototipo de filtro para el tratamiento de aguas residuales empleando carbón activado obtenido del endocarpio de *Cocos nucifera*. El filtro consta de una capa de carbón activado del endocarpio de *Cocos nucifera*, sobre una capa de tela cruda.

Tabla 1

Tiempo de filtrado en las siguientes proporciones de 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100 mL efluente

Tratamientos	Proporciones (g/mL)	Tiempo de filtrado
T1	50 g / 100 mL efluente	5',2"
T2	100 g / 100 mL efluente	10', 8"
T3	150 g / 100 mL efluente	16',4"
T4	200 g / 100 mL efluente	25',6"
	Total	56',20"
	Promedio	14',5"

Donde:

T1, T2, T3, T4: Tratamientos

En la tabla 1, se muestra los tiempos de filtrado en diferentes tratamientos, en los cuales se utilizó carbón activado de *Cocos nucifera* en distintas proporciones para tratar 100 mL de efluente. Los tratamientos varían según la cantidad de CAO utilizada, y el tiempo de filtrado se registra en minutos y segundos. Este proceso demuestra que la cantidad de CAO influye directamente en la velocidad de filtración, lo que es clave para optimizar la eficiencia del proceso de adsorción.

Tabla 2

Cantidad de agua filtrada en las siguientes proporciones de 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100 mL efluente

Tratamientos	Proporciones (g/mL)	Después de pasar el filtro (mL)
T1	50 g / 100 mL efluente	80 mL
T2	100 g / 100 mL efluente	75 mL
T3	150 g / 100 mL efluente	67 mL
T4	200 g / 100 mL efluente	52 mL
	Total	274 mL
	Promedio	68.5 mL

Donde:

T1, T2, T3, T4: Tratamientos

En la tabla 2, el Tratamiento 1 con la menor proporción de carbón activado, resultó en el mayor volumen de efluente filtrado, mientras que el Tratamiento 4, con la mayor cantidad de carbón, mostró el menor volumen filtrado. Esto sugiere que hay un equilibrio óptimo entre la cantidad de carbón activado y la eficiencia de filtración.

3.3. Caracterización del efluente del Camal Municipal en los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, turbidez y Fierro

Tabla 3

Caracterización del pH, conductividad eléctrica, turbidez y Fierro de la muestra cruda residual del CMRBT

	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Turbidez (NTU)	Concentración de Fe (ppm)
Promedio	6.58	1710	14.5	5.43

3.4. Determinación de la mejor proporción de adsorción de Fierro en el efluente después de la adsorción con el Carbón Activado Obtenido (CAO), en las siguientes proporciones: 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100 mL efluente.

Tabla 4

Adsorción en mg/L con el CAO, en las siguientes proporciones T1=50 g CAO/100 mL efluente, T2 =100 g CAO/100 mL efluente, T3=150 g CAO/100 mL efluente y T4=200 g CAO/100 mL efluente

	T1	T2	T3	T4
R1	2.57	1.83	1.27	0.16
R2	2.51	1.68	1.34	0.13
R3	2.48	1.65	1.23	0.07
Promedio	2.52	1.72	1.28	0.12

Donde:

T1, T2, T3, T4: Tratamientos

R1, R2, R3: Repeticiones

Para determinar los porcentajes de Hierro removido, se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Removido Fe del efluente} = \frac{\text{ppmFe}(\text{testigo}) - \text{ppmFe}(\text{tratado})}{\text{ppmFe}(\text{testigo})} \times 100$$

Tabla 5

Porcentaje de adsorción con el CAO, en las siguientes proporciones T1=50 g CAO/100 mL efluente, T2 =100 g CAO/100 mL efluente, T3=150 g CAO/100 mL efluente y T4=200 g CAO/100 mL efluente

	T1	T2	T3	T4
R1	52.71	66.33	76.63	97.06
R2	53.81	69.09	75.34	97.61
R3	54.37	69.64	77.37	98.71
Promedio	53.63	68.35	76.45	97.79

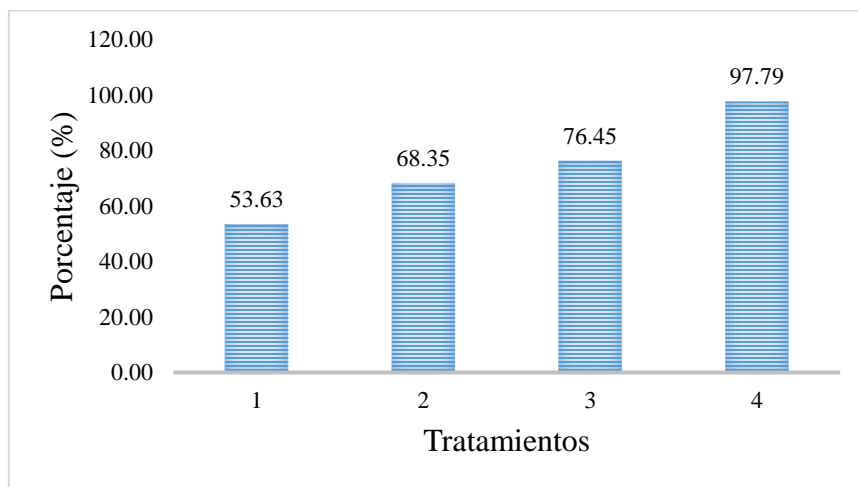
Donde:

T1, T2, T3, T4: Tratamientos

R1, R2, R3: Repeticiones

Figura 7

Porcentaje de adsorción con el CAO, en las siguientes proporciones T1=50 g CAO/100 mL efluente, T2 =100 g CAO/100 mL efluente, T3=150 g CAO/100 mL efluente y T4=200 g CAO/100 mL efluente



En la figura 7, el rendimiento óptimo se alcanza en el Tratamiento 4 (200 g de CAO/100 mL de efluente), con un 97.79% de adsorción, indicando que este es el tratamiento más adecuado para la remoción de Hierro empleando carbón activado del endocarpio de *Cocos nucifera*, en el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Jaén.

3.5. Análisis estadístico:

En este estudio se desarrolló análisis descriptivos, pruebas de normalidad y pruebas de contrastación de hipótesis.

Tabla 6

Resumen del procesamiento de casos APT y DPT

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
APT	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
DPT	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis de las concentraciones de Hierro en el agua residual del Camal Municipal de Jaén “Régulo Bernal Torres”, ubicado en el distrito de Jaén. Tanto en el grupo APT como en el grupo DPT, se analizaron 12 casos. La tabla muestra que todos los datos recopilados fueron válidos, ya que no se reportaron casos perdidos o datos faltantes. Esto se refleja en que ambos grupos tienen un 100% de casos válidos y un 0% de casos perdidos.

Tabla 7*Estadísticas descriptivas Post-Tratamiento*

		Descriptivos	
		Estadístico	Error típ.
	Media	1,4100	0,26200
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	0,8333 1,9867
	Media recortada al 5%	1,4200	
	Mediana	1,4950	
	Varianza	0,824	
DPT	Desv. típ.	0,90758	
	Mínimo	0,07	
	Máximo	2,57	
	Rango	2,50	
	Amplitud intercuartil	1.89	
	Asimetría	-0,327	0,637
	Curtosis	-1,020	1,232

a. APT es una constante y se ha desestimado.

En la Tabla 7, se presentan los resultados del análisis estadístico descriptivo de la concentración de Hierro en las aguas residuales del Camal Municipal de Jaén “Régulo Bernal Torres” ubicado en el distrito de Jaén, luego de haber pasado por el proceso de purificación mediante los filtros de Carbón Activado Obtenido. Los valores correspondientes de APT (antes del procesamiento), no se incluyen porque son constantes y descartados.

Tabla 8

Prueba de normalidad Post-Tratamiento

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
DPT	0,171	12	0,200	0,894	12	0,135

* APT es una constante y se ha desestimado.

En la Tabla 8, se presenta la significancia de la prueba de normalidad (Sig), lo que indica que el valor de significancia de Shapiro-Wilk (0,135) es mayor a 0,05 ($\alpha > 0,05$). Esto indica que, los datos son compatibles con una distribución normal y no presentan evidencia significativa de desviación de la normalidad. Y el valor p de Kolmogorov-Smirnov no es aplicable, ya que esta prueba solo se utiliza para muestras de dimensiones grandes (50 o más).

Contratación o prueba de hipótesis:

Para los propósitos de esta investigación, considerando el tamaño de la muestra y la naturaleza experimental del estudio, los resultados de la prueba de normalidad se analizaron utilizando un análisis de varianza (ANOVA), el cual es una técnica estadística que compara hipótesis y examina el efecto de uno o más factores sobre el valor medio de una variable.

Análisis de varianza (ANOVA).

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

H₁ : No todas las μ_i son iguales.

Tabla 9

Método de Análisis de Varianza (ANOVA): fuente de variación y cálculos asociados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medio	F
Entre las muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^n n_i (\bar{x}_i - \bar{x}_{..})^2$	k - 1	$CM_{Trat} = \frac{SC_{trat}}{k - 1}$	$CM_{Trat} = \frac{CM_{trat}}{CM_{Error}}$
Dentro de las muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)^2$	N - k	$CM_{Error} = \frac{SC_{trat}}{N - k}$	
Total	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{..})^2$	N - 1		

Donde:

Suma(x_i) = Suma para cada grupo.

Media = Promedios de grupo.

Suma total (x) = Suma total de las pruebas.

n_i = Elementos de cada grupo.

N = Total de elementos de todos los grupos.

K = Número de muestras.

Ecuación 1

Fórmulas para el cálculo de suma de cuadrados en análisis de varianza (ANOVA)

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} x_i^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$$

$$SC_{Trat} = SC_T - SC_{Trat}$$

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$$

SC_{Trat} = Suma de cuadrados del tratamiento.

SC_{Total} = Suma de cuadrados del total.

SC_{Error} = Suma de cuadrados del error.

Tabla 10*Análisis de Varianza: Resumen de estadísticas y sumas de cuadrados*

Número de prueba y réplica	50 g de carbón	100 g de carbón	150 g de carbón	200 g de carbón
1	2,57	1,83	1,27	0,16
2	2,51	1,68	1,34	0,13
3	2,48	1,65	1,23	0,07
<hr/>				
Suma(x_i) =	7,56	5,16	3,84	0,36
Media =	2,52	1,72	1,28	0,12
Suma total (x) =	16.92			
n_i =	3	3	3	3
N=	12		k=	4
SC _{Trat} =	9,028			
SC _{Total} =	9,061			
SC _{Error} =	0,004			

En la tabla 10, se presenta un análisis de variabilidad en cuatro grupos, mostrando tanto las medias como las sumas totales y las variabilidades entre y dentro de los grupos.

Tabla 11*Análisis de varianza (ANOVA): fuente de variación y estadísticas asociadas*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.	Valor crítico para F
Entre grupos	9.028	3	3.009	$\frac{725.10}{8}$	<0.001	
Dentro de grupos	0.033	8	0.004			
Total	9.061	11				

Ver Anexo 7 (d).

Ecuación 2

Prueba Tukey o Diferencia significativa Honesta

$$VC_{T=q_{\alpha}(c,n-c)} \sqrt{CMe/r}$$

$$\alpha = 0.05$$

$$c = 4$$

$$n = 12$$

$$r = 3$$

$$VC_{T=4.53} \sqrt{0.004/3}$$

$$VC_{T=0.16}$$

Donde:

VC: es el valor crítico de la prueba

CMe: Cuadrado medio del error (CMD)

q: valor de tablas

α : nivel de significancia

c: número de grupos

n: número de datos

r: número de repeticiones

Tabla 12*Comparación de diferencias poblacionales y muestrales entre grupos*

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_A - \mu_B$	0,80	Significativa
$\mu_A - \mu_C$	1,24	Significativa
$\mu_A - \mu_D$	2,40	Significativa
$\mu_B - \mu_C$	0.44	Significativa
$\mu_B - \mu_D$	1.60	Significativa
$\mu_C - \mu_D$	1.16	Significativa

Todos los valores de las diferencias muestrales se presentan mayores al valor de Tukey calculado (0.16), lo que indica que hay diferencias significativas entre los pares de muestras.

IV. DISCUSIÓN

La elaboración de carbón activado proveniente de Coco, se fundamentó en la propuesta descrita por Luna et al. (2007), que señala que el material debe ser secado, carbonizado, molido y activado con ácido ortofosfórico a temperatura (450 °C), se obtiene un carbón hidrofílico de poros más anchos (con mesoporos > 2 nm) apropiado para aplicaciones en fase líquida. El carbón obtenido en la investigación se llevó a cabo bajo dichas consideraciones.

Los resultados obtenidos para el prototipo del filtro, se asemejan a los citados por Caro (2017), quien logró diseñar un prototipo funcional para tratar aguas residuales domésticas, conformado por una estructura, a partir de una botella plástica recicladas con capacidad de 2 L, en donde se recortó el lado de la base teniendo en cuenta que el cilindro quedara de 15 cm de alto (cuerpo del filtro). Así también, la propuesta de Meléndez et al. (2022) para la construcción de un filtro de carbón, demostró su eficiencia en la remoción de la DQO a nivel experimental. De estas citas inferimos que el uso de prototipo diseñados con material reciclable es una ayuda previa a un dimensionamiento de equipos.

Los valores obtenidos en la presente investigación nos arrojan un pH de 6.58 ligeramente ácido, la conductividad eléctrica es de 1710 Us/cm, turbidez de 14.5 NTU y concentración de Fe 5.43 ppm; la cual se asemeja a un estudio hecho por Arteaga (2020), en el Camal Municipal de Cutervo, donde se caracterizó el agua residual y obtuvo pH de 6.8, turbidez de 20.0 NTU, con diferencia en la conductividad eléctrica de 405 μ S/cm, posiblemente sería una causa el tipo de lavado, más cantidad de sangre, y también el camal de estudio que cuenta con más tamaño de población de sacrificio lo cual aumenta la conductividad eléctrica.

En la presente investigación se obtuvo una remoción de 5.43 mg/L a 0.12 mg/L Fierro en el agua residual del Camal Municipal, demostrándose la eficiencia del carbón activado a base de endocarpio de *Cocos nucifera*; asemejándose a los manifestados por Bobadilla y León (2022); Chele & Palma (2021) y Ruiz & Orbegoso (2019), quienes lograron remover: Plomo de 0.11985 mg/L a 0.01mg/l, Fierro 1.10 mg/L a 0.122 mg/L y DBO5 de 130 mg/L a 3 mg/L respectivamente, en su experiencia con la preparación de carbón activado a partir del endocarpio *Cocos nucifera*.

Se evidencia la eficiencia del carbón activado del endocarpio de *Cocos nucifera*, ya que, empleando 50 g/100 mL efluente, 100 g/100 mL efluente, 150 g mL/100 efluente, 200 g/ 100mL se logró remover de 5.43 mg/L de Fe a 2.52 mg/L, 1.72 mg/L, 1.28 mg/L y 0.12 mg/L % de Fierro respectivamente; acoplándose a los resultados obtenidos por Maldonado (2020), quien afirma que el carbón activado de coco, reduce la contaminación producida por la presencia de Fierro de 0.5 mg/L a 0.3 mg/L.

En su revisión técnica, Apaico (2020) obtuvo remociones del 99.8% de Fierro en aguas residuales empleando carbón activado, resultados que se asemejan a los obtenidos en la presente investigación, donde se logró remover un 97.79% de Fierro con el mismo material de CAO. Esta eficiencia se alinea con los hallazgos de Ponce (2019), quien redujo de 0,81 mg/L a 0,45 mg/L de Fe en agua potable doméstica, demostrando la efectividad del carbón activado de *Cocos nucifera*, ya que según Salas y Marzal (2009), el carbón proveniente del endocarpio de *Cocos nucifera*, debido a su carácter hidrófobo, adsorbe preferentemente compuestos no polares, asimismo la adición de ácido fosfórico tras la carbonización aumenta la porosidad y forma una estructura de capas de carbono similar a la del grafito, entrecruzadas por grupos alifáticos que actúan como puente, estos espacios entre las capas constituyen los poros del carbón activado, lo que significa que hay más sitios activos para atraer y retener las moléculas de Fierro presentes en el agua. Por ende, a mayor cantidad de carbón activado de coco, se maximiza la capacidad de adsorción y, en consecuencia, se mejora la remoción de Fierro del agua residual, lo cual se evidencia en la disminución de Fierro en el agua del Camal Municipal Regulo Bernal Torres.

La eficiencia del carbón activado de *Cocos nucifera*, se justifica mediante la estadística desarrollada, demostrándose el 100% de la validez en el proceso de recolección de datos, asegurando su efectividad y que no hubo problemas en términos de pérdida de información, esto asegura que el análisis realizado es representativo y confiable para los 12 casos. Asimismo, se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos, esto sugiere que hay variaciones en las concentraciones de Fierro en el efluente del Camal Municipal de Jaén “Régulo Bernal Torres” en el distrito de Jaén, en función a la masa de carbón en los filtros, es decir que mayores cantidades de carbón activado conduce a una mayor eficiencia en la adsorción de Fierro en el efluente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El carbón activado de manera artesanal, se obtuvo con un monitoreo de la temperatura, manteniéndose dentro de un rango específico de 700 a 800 °C para una carbonización adecuada sin deteriorar la estructura de la materia, asegurando su efectividad en la remoción de Fierro del Camal Municipal de Jaén “Regulo Bernal Torres” ya que se obtuvo un producto de alta calidad, eficiente, accesible y sostenible para la provincia de Jaén.

La construcción del prototipo empleando botellas plásticas de polietileno (PET) recicladas nos ayudó en el proceso de filtración para la remoción de Fierro del efluente del Camal Municipal de Jaén “Regulo Bernal Torres”.

En la caracterización del efluente del Camal Municipal de Jaén, se registró una concentración de Fierro de 5.43 mg/L, este dato es fundamental para poder establecer la mejor proporción de carbón activado necesaria para la remoción de Fierro del efluente del Camal Municipal "Regulo Bernal Torres".

Se demostró que la elaboración del carbón activado obtenido de *Cocos nucifera* es altamente efectivo en la adsorción de Fierro, debido a que los porcentajes de remoción variaron según la cantidad de carbón activado utilizado, siendo el tratamiento T4 con 200 g de CAO/100 mL de efluente el más efectivo, logrando una remoción de Fierro de 5.43 mg/L a 0.12 mg/L.

5.2.Recomendaciones

Se recomienda a EPS Marañón y a la Municipalidad provincial de Jaén implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales basados en carbón activado obtenido del endocarpio de *Cocos nucifera*, esta solución no solo contribuye a mejorar la calidad del agua, sino que también puede beneficiar la salud pública y el medio ambiente local.

A futuros investigadores, se les sugiere emplear ácido fosfórico al 85% y a una temperatura de 450°C para producir un carbón de tipo hidrofílico con una estructura de tipo fisicoquímicas con poros más grandes y anchos para adherir cualquier tipo de contaminantes.

A las Instituciones públicas y privadas, se les propone realizar investigaciones adicionales para explorar otros usos potenciales del carbón activado obtenido del endocarpio de *Cocos nucifera* y optimizar aún más los procesos de producción y aplicación.

Caracterizar el agua residual después de pasar por los tratamientos de remoción, para comprobar la eficiencia para tratar pH, conductividad eléctrica y turbidez.

VI. REFERENCIAS

- Achury, C. (2008). Obtención de carbón activado a partir de la cascara de coco: obtención por medio de activación física y química. [Trabajo grado, Universidad De los Andes]. Repositorio Institucional UNIANDES. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/7b3377e0-b86d-4926-a485-8fd2405982c9/content>
- Anaya, M; Espinosa, E; Loayza, J; Zamudio, R; & Yáñez, M. (2022). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises claras para reusó como agua de riego. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(1), 52-62 .<https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i1.375>
- Apaico, A. (2020). Capacidad de adsorción del carbón activado a partir de residuos orgánicos para el tratamiento de aguas residuales: Revisión sistemática. [Trabajo grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60130/Apaico_RA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arteaga, O. (2020). Remoción de la Turbiedad del Efluente del Camal Municipal Empleando Proceso Oxidativo Avanzado Fenton en el Distrito de Cutervo – Cajamarca. [Trabajo grado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/180>
- Bobadilla, N & Leon, M (2022). Remoción de Plomo (PB) utilizando biofiltro con carbón activado de la cáscara de coco en el Rio MocheOtuzco-2022. [Trabajo grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/105002/Bobadilla_LNF-Leon_TMM%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bonilla, L; Chalen, J; Bermeo, G & Bonilla, S; (2017). Tratamiento de aguas residuales de textilería utilizando carbón activado. Primera edición. Guayaquil, Ecuador: Grupo Compas. ISBN-E: 978-9942-760-71-5.

Caro, M. (2017). Desarrollo y validación de un prototipo funcional tipo bio-filtro para la reutilización de aguas residuales domésticas en el sector agrícola. [Trabajo grado, Universidad Nacional De La Costa, CUC]. Repositorio Institucional CUC. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/243>

Chele, A & Palma, K. (2021). Remoción de la DBO, DQO, plomo, fierro y manganeso mediante mantos filtrantes elaborados con carbón activado de cáscara de coco y caliza en la planta de potabilización del cantón Alfredo Baquerizo Moreno Jujan. [Trabajo grado, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. Repositorio Institucional ULVR. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4576>

Delgado, J. (2019). Eficiencia de remoción de tres parámetros fisicoquímicos del efluente líquido del camal “Régulo Bernal Torres” utilizando proceso de oxidación avanzado fenton. [Trabajo de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3930/Delgado%20Soto%20c%20Jorge%20Antonio.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

DIGESA (2007). Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf

EPS MARAÑON S.A (2023). Informe técnico N°109-2023-EPS MARAÑOM S.A/Aseguramiento-de la-calidad.

Gonzales, M. [Canal NO PASA NADA Pasa la Voz] (12 de abril de 2023). *Milton Gonzales en entrevista* [Vídeo]. Facebook.

https://www.facebook.com/watch/?v=531733459036990&extid=CL-UNK-UNK-UNK-AN_GK0T-GK1C&mibextid=YCRy0i

INEI. (2018). Compendio Estadístico 2018. Cap13.

https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1635/cap13/cap13.pdf

Leyva, D & Espinoza, D. (2014). Determinación espectrometría de hierro en muestras de aguas residuales. Universidad Peruana Cayetano Heredia.

<https://es.scribd.com/document/407948573/237340917-Informe-Quimica-Analitica-Determinacion-de-Hierro-docx>

Luna, D., González, A., Gordón, M., & Martín, N. (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *UAM–Azcapotzalco*. 39-48. <https://pdfcoffee.com/obtencion-de-carbon-activado-a-partir-de-la-cascara-de-coco-pdf-free.html>

Maldonado (2020). “Diseño de un filtro de carbón activado a base de estopa de coco (*cocos nucífera*) para la eliminación de aceites y grasas en aguas residuales avícolas”. [Trabajo grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional UAGRARIA. <https://cia.uagraria.edu.ec/index.php>

Maldonado, D. (2020). Diseño de un filtro de carbón activado a base de estopa de coco (*Cocos nucífera*) para la eliminación de aceites y grasas en aguas residuales avícolas. [Trabajo

- grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional UAGRARIA.
<https://cia.uagraria.edu.ec/index.php>
- Medina, C. (2022). Sistema electro-Fenton para aguas residuales del camal municipal de Chota-Cajamarca. [Trabajo doctoral, Universidad Nacional de Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPG.
https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/10409/Medina_Valderrama_Carlos_Javier.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Meléndez, A; Espinosa, D; Loayza, P; Zamudio, C; Yáñez, L (2015). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises claras para reuso como agua de regadío. Rev Soc Quím Perú. 88(1), 52-62. DOI: 10.37761/rsqp.v88i1.375
- Ponce, D. (2019). Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del fierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha - Pasco 2018. [Trabajo grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1563>
- Reyes, A. & De La Cruz, J. (2021). Evaluación de la concentración del H₃PO₄, temperatura y tiempo de carbonización de la cáscara de café en la obtención de carbón activado. [Trabajo grado, Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7269>
- Ríos, M; Villanueva, A., Alejos, I., Cotrina, G., & Estela, E. (2019). Características fisicoquímicas y organolépticas de licor de coco: efecto de pasta de coco, leche descremada y pisco. *CIENCIA UNEMI*, 12(31), 01-10.
<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss31.2019pp01-10p>

- Ruiz, L. & Orbegoso, K. (2019). Eficiencia del carbón activado obtenido a partir del endocarpo de “coco” (*Cocos nucifera*) y semilla de “aguaje” (*Mauritia flexuosa*), en la remoción de la DBO5 de las aguas residuales domésticas en el distrito de Habana – Moyobamba, 2018. [Trabajo grado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional UNSM. <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/3345>
- Salas, D., & Marzal, N. (2009). Estudio preliminar de adsorción de iones cobre con carbón activado de cascarón de coco. *Tecnología Química*, XXIX (3), 74-83. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- Verde, J; Vega, E; López, J; Estrada, E; Malpica, F; Martínez, F; Pelayo, C; Pérez, M; Ruiz, P; Trejo, G & Tovar, L. (2013). Manual de prácticas de laboratorio química analítica. Cuantificación de hierro por espectrofotometría en el visible (pp.81-106). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

AGRADECIMIENTO

Al Divino Señor, por encaminarnos en nuestra etapa Universitaria, un agradecimiento muy especial a nuestro mentor Ing. Persi Vera Zelada, por el apoyo incondicional y el asesoramiento durante este de trabajo de investigación, y por brindarnos las herramientas necesarias para superar los obstáculos presentados durante nuestra formación académica.

De la misma forma a la empresa prestadora de servicios (EPS Marañón), al personal del Camal Municipal Regulo Bernal Torres, por la autorización y permitir el desarrollo de la investigación.

DEDICATORIA

A mi adorable madre Silvia Velásquez Martínez, mi fuente de inspiración y mi roca inquebrantable, gracias por tu amor infinito, tus sacrificios y tu constante aliento. Tu presencia ha sido mi luz en los momentos oscuros y tu guía mi brújula en este viaje académico.

A mis abuelos, Julio y Imelda, mis ejemplos de sabiduría, bondad y generosidad, gracias por transmitirme sus valores y enseñanzas a lo largo de los años. Su apoyo incondicional y sus palabras de aliento han sido un regalo invaluable durante mi formación profesional.

Dianira Mirela Julca Velásquez

La presente investigación se la dedico a la persona más importante en mi vida, mi madre, Jane Olivia Bustamante Salazar, por su sacrificio, dedicación y amor incondicional. Su apoyo ha sido el motor que me impulsó en los momentos más difíciles. Este logro es tanto de ella como mío, porque sin su apoyo inquebrantable, este camino habría sido imposible. Gracias por creer en mí, por tus sabios consejos, por tus oraciones y por estar siempre a mi lado.

A mi abuela Nilda Violeta Salazar Arriaga, le agradezco por estar siempre a mi lado, por su paciencia y por su gran ejemplo, que han sido una fuente inagotable de inspiración para mí.

Carlos Anthony Meneses Bustamante

ANEXOS

Anexo 1. Permiso para el ingreso al Camal Municipal Regulo Bernal Torres.



“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

SOLICITO INGRESO AL CAMAL MUNICIPAL PARA MUESTREOS DE AGUAS RESIDUALES

Adm. Milton Gonzales Zanches
Señor Administrador del Camal Munipal “Regulo Bernal Torres”


Ante usted y con el debido respeto para exponerle lo siguiente:

Nosotros: Julca Velásquez, Dianira Mirela y Meneses Bustamante, Carlos Anthony; estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, X ciclo. Que estando ejecutando nuestro proyecto de tesis denominado: **“REMOCIÓN DE FIERRO DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE JAÉN EMPLEANDO CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DEL ENDOCARPIO DE *Cocos nucifera*”**, con resolución de aprobación N° 322-2023-UNJ, asesorados por el Dr. Persi Vera Zelada. Es por ello que recurrimos a su digno despacho puesto que la investigación que estamos realizando está relacionada con el tratamiento de aguas residuales provenientes del camal.

Es por esta razón que le pedimos, que nos facilite la autorización pertinente para acceder a la planta de beneficiado en los días Miércoles (22/11/23), viernes (24/11/23), lunes (27/11/23), miércoles (29/11/23) y viernes (01/12/23), en el horario de 09: 00 AM a 10: 00 AM.

Sin otro en particular nos despedimos de usted, agradeciendo la atención que tenga al presente documento.


Jaén, 02 de noviembre del 2023



JULCA VELASQUEZ DIANIRA MIRELA
DNI: 74217510



MENESES BUSTAMANTE CARLOS ANTHONY
DNI: 74527998



Dr. PERSI VERA ZELADA
DNI: 40554382



Anexo 2. Elaboración de carbón activado a partir del endocarpio de *Cocos nucifera*.

a. Control de la temperatura con el pirómetro



b. Activación del carbón de Cocos nucifera



c. Lavado del carbón activado de Cocos nucifera



d. Secado en la estufa



e. Carbón activado del endocarpio de Cocos nucifera



Anexo 3. Elaboración del prototipo para el tratamiento del agua residual del CMRBT.

a. Proceso de la construcción del filtro para filtrar el agua residual del Camal Municipal



b. Prototipo del filtro de carbón activado del endocarpio de Cocos nucifera

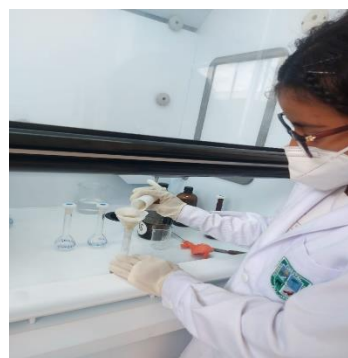


Anexo 4. Caracterizar el efluente del Camal Municipal en los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, turbidez y Fierro

a. Muestra del Camal Municipal Regulo Bernal Torres



b. Filtrado del agua residual del Camal Municipal



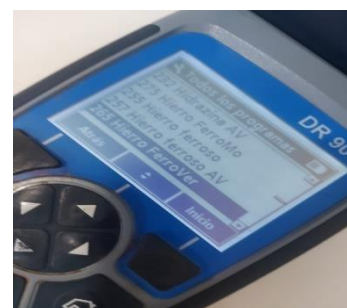
c. Lectura de la turbidez



d. Lectura del pH, Conductividad eléctrica



e. Lectura del Fierro

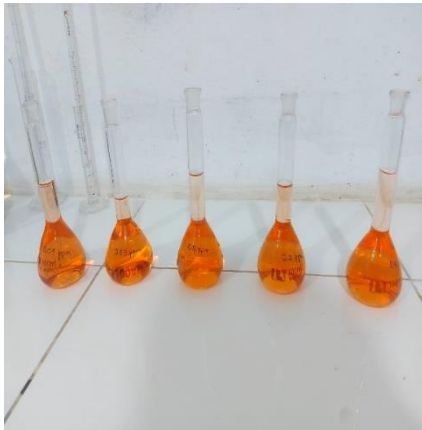


f. Concentraciones de pH, conductividad eléctrica, turbidez y Fierro de la muestra cruda residual del Camal Municipal Régulo Bernal Torres


Días de recolección	Días de Visitas	Fecha	pH	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Turbidez (NTU)	Concentración de Fe (ppm)
Día 1	Lunes	11/09/2023	6.50	1700	14.0	5.40
Día 2	Miércoles	13/09/2023	6.60	1720	15.0	5.45
Día 3	Viernes	15/09/2023	6.55	1690	14.5	5.40
Día 4	Lunes	18/09/2023	6.65	1730	14.5	5.45
Día 5	Miércoles	20/09/2023	6.55	1700	15.0	5.40
Día 6	Viernes	22/09/2023	6.65	1720	14.0	5.45
Total			39.50	10260	87.0	32.55
Promedios			6.58	1710	14.5	5.43

Anexo 5. Determinar la mejor proporción de adsorción de Fierro en el efluente después de la adsorción con el CAO, en las siguientes proporciones 50 g CAO/100 mL efluente, 100 g CAO/100 mL efluente, 150 g CAO/100 mL efluente y 200 g CAO/100 mL efluente.

a. Proceso para la lectura de las concentraciones de Fierro después del filtrado con carbón activado de Cocos nucifera



Anexo 6. Análisis brindado por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Marañón S.A (EPS).



EPS MARAÑÓN S.A.

III. ANALISIS.

La oficina de Aseguramiento de la calidad, en función en el equipo de Valores Máximos Admisibles – VMA, informamos que:

Al usuario CAMAL MUNICIPAL DE JAEN, con código de registro: 44262, suministro ubicado en la dirección: Cal. Principal al Camal N°2000. - LINDEROS, en el cual se encuentra el "CAMAL MUNICIPAL", comunicamos el procedimiento que deberán llevar a cabo para cumplir con el D.S. N° 010 – 2019 – VIVIENDA, en la cual se "Aprueba el reglamento de los VMA para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario", con el fin de preservar las instalaciones, la infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos de servicio de alcantarillado sanitario e incentivar el tratamiento de aguas residuales.


El usuario deberá cumplir con los siguientes procedimientos para evitar la suspensión temporal de sus servicios de agua potable y alcantarillado sanitario según el **Artículo 15** del D.S. N° 010 – 2019 – VIVIENDA, el cual menciona "los prestadores de los servicios de saneamiento, suspenden temporalmente el servicio de agua potable y alcantarillado sanitario ante el incumplimiento, por parte del UND, de las obligaciones contenidas en los incisos 2,4,6 y 8 del artículo 8, en el artículo 14, en el párrafo 19.4 del artículo 19, en el párrafo 25.2 del artículo 25, en el artículo 27 y en artículo 31 del presente Reglamento, de acuerdo al procedimiento de suspensión temporal que apruebe la Sunass". Por ello deberá iniciar un proceso de adecuación sanitaria.

- **Implementación de acciones de mejora**

El usuario no doméstico deberá adecuar sus descargas de aguas residuales a la norma, previo a la muestra de parte, en la cual se analizarán los parámetros del Anexo N° 1 y N° 2, tal como lo indica el **Artículo 8** de las Obligaciones de los UND, en la normativa VMA, D.S. 010-2019-VIVIENDA.

Para ello deberá considerar los siguientes procedimientos:

- Instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales o una trampa de grasa, con la intención de separar los residuos orgánicos y las grasas que se generan al realizar el servicio que ofrece.



Anexo 7. Análisis estadístico

a. Análisis de las concentraciones de Hierro en el agua residual del camal municipal Régulo Bernal Torres

Resultado 1.spv [Documento1] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

Resultado

Explorador

- Resultado
 - Título
 - Notas
 - Resumen de proce
 - Descriptivos
 - VAR00002
 - Título
 - Gráfico de talk
 - Diagramas de
 - VAR00003
 - Título
 - Gráfico de talk
 - Diagramas de

	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
VAR000002	12	100.0%	0	0.0%	12	100.0%
VAR000003	12	100.0%	0	0.0%	12	100.0%

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
VAR000002	Media	1.4100	.26200
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior: .8333 Límite superior: 1.9867	
	Media recortada al 5%	1.4200	
	Mediana	1.4950	
	Varianza	.824	
	Desv. estándar	.90758	
	Mínimo	.07	
	Máximo	2.57	
	Rango	2.50	
	Rango intercuartil	1.89	
	Asimetría	-.327	.637
	Curstosis	-1.020	1.232
VAR000003	Media	125.0000	16.85500
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior: 87.9024 Límite superior: 162.0976	
	Media recortada al 5%	125.0000	
	Mediana	125.0000	
	Varianza	3409.091	
	Desv. estándar	58.38742	
	Mínimo	50.00	
	Máximo	200.00	

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode: ACTIVADO Clásico

b. Prueba de normalidad (ANOVA)

Resultado 2.spv [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

Resultado

Unidireccional

ANOVA

VAR000002	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9.028	3	3.009	725.108	<.001
Dentro de grupos	.033	8	.004		
Total	9.061	11			

Tamaños de efecto ANOVA^a

VAR000002	Eta cuadrado	Estimación de puntos	Intervalo de confianza al 95%	
			Inferior	Superior
	Epsilon cuadrado	.996	.980	.997
	Omega cuadrado efecto fijo	.995	.972	.997
	Omega cuadrado efecto aleatorio	.995	.970	.996
		.984	.915	.989

a. Eta cuadrado y Epsilon cuadrado se estiman basándose en el modelo de efecto fijo.

c. Comparaciones múltiples (Tukey)

Resultado 2.spv [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

Resultado

- Unidireccional
 - Título
 - Notas
 - ANOVA
 - Tamaños de efecto
 - Pruebas post hoc
 - Título
 - Comparaciones
 - Subconjuntos
 - Título
 - VAR0000:

Variable dependiente: VAR00002

Comparaciones múltiples

	(I) VAR00003	(J) VAR00003	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Limite inferior	Limite superior
HSD Tukey	50.00	100.00	.80000 ^a	.05260	<.001	.6316	.9684	
		150.00	1.24000 ^a	.05260	<.001	1.0716	1.4084	
		200.00	2.40000 ^a	.05260	<.001	2.2316	2.5684	
	100.00	50.00	-.80000 ^a	.05260	<.001	-.9684	-.6316	
		150.00	-.44000 ^a	.05260	<.001	-.2716	.6084	
		200.00	1.60000 ^a	.05260	<.001	1.4316	1.7684	
	150.00	50.00	-1.24000 ^a	.05260	<.001	-1.4084	-1.0716	
		100.00	-.44000 ^a	.05260	<.001	-.6084	-.2716	
		200.00	1.16000 ^a	.05260	<.001	.9916	1.3284	
	200.00	50.00	-2.40000 ^a	.05260	<.001	-2.5684	-2.2316	
		100.00	-1.60000 ^a	.05260	<.001	-1.7684	-1.4316	
		150.00	-.16000 ^a	.05260	<.001	-1.3284	-.9916	
Scheffe	50.00	100.00	.80000 ^a	.05260	<.001	.6163	.9837	
		150.00	1.24000 ^a	.05260	<.001	1.0563	1.4237	
		200.00	2.40000 ^a	.05260	<.001	2.2163	2.5837	
	100.00	50.00	-.80000 ^a	.05260	<.001	-.9837	-.6163	
		150.00	-.44000 ^a	.05260	<.001	-.2563	.6237	
		200.00	1.60000 ^a	.05260	<.001	1.4163	1.7837	
	150.00	50.00	-1.24000 ^a	.05260	<.001	-1.4237	-1.0563	
		100.00	-.44000 ^a	.05260	<.001	-.6237	-.2563	
		200.00	1.16000 ^a	.05260	<.001	.9763	1.3437	
	200.00	50.00	-2.40000 ^a	.05260	<.001	-2.5837	-2.2163	
		100.00	-1.60000 ^a	.05260	<.001	-1.7837	-1.4163	
		150.00	-.16000 ^a	.05260	<.001	-1.3437	-.9763	

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ACTIVADO Clásico

d. Representación gráfica de la distribución F para la prueba de hipótesis

