UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EFECTO DEL CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca variedad hartón*) EN LA REMOCIÓN DE HIERRO TOTAL DEL AGUA DEL SUBSUELO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. UCAYALI, PERÚ"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

LUIS EMILIO CÁRDENAS MESTAS

MERY LAURA TERESITA FLORES GARCÍA

PUCALLPA-PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°148 /2022–CGyT–FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 9:00 am del lunes 27 de junio del 2022, de acuerdo con el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma presencial los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N° 073- 2022- UNU- FCFyA, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Grober Panduro Pisco	Presidente
Dr. Fermín Campos Solórzano	Miembro
Mg.Econ. José Manuel Cárdenas Bernaola	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: "**EFECTO DEL CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca variedad hartón*) EN LA REMOCIÓN DE HIERRO TOTAL DEL AGUA DEL SUBSUELO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. UCAYALI, PERÚ",** presentado por los bachilleres **CÁRDENAS MESTAS LUIS EMILIO** y **FLORES GARCÍA MERY LAURA TERESITA**, asesorado por el Dr. EDGAR JUAN DÍAZ ZÚÑIGA, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACION**, quedando expedito para el otorgamiento del **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 10:10 am horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Grober Panduro Pisco
Presidente

Dr. Fermín Campos Solórzano
Miembro

Mg. Econ. José Manuel Cárdenas Bernaola
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Dr. Grober Panduro Pisco — Presidente

Dr. Fermín Campos Solórzano — Miembro

Mg.Econ. José Manuel Cárdenas Bernaola — Miembro

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga — Asesor

Bach. Luis Emilio Cárdenas Mestas — Tesista

Bach. Mery Laura Teresita Flores García — Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Nº V/0231-2022

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis), titulado:

"EFECTO DEL CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARA DE PLÁTANO (Musa paradisiaca variedad hartón) EN LA REMOCIÓN DE HIERRO TOTAL DEL AGUA DEL SUBSUELO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. UCAYALI, PERÚ"

Cuyo(s) Autor(es)	:	**CÁRDENAS MESTAS, LUIS EMILIO**
		FLORES GARCÍA, MERY LAURA TERESITA
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	ING. AMBIENTAL
Asesor(a)	:	DR. DÍAZ ZÚÑIGA, EDGAR JUAN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 3%.**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y CODIFICA la presente constancia

FECHA 03/05/2022

Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Luis Emilio Cárdenas Mestas

Autor de la TESIS titulada:

"Efecto del carbón activado de cáscara de plátano (Musa paradisiaca variedad bartón) en la remoción de hierro total del agua del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali, Perú

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: Dr. Díaz Zúñiga, Edgar Juan

En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales

Carrera Profesional de: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 27 / 06 / 2022

Email: luisemiliocarde@gmail.com Firma:

Teléfono: 962902398 DNI: 45610930

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Mery Laura Zerrsita Flores Garcia.
Autor de la TESIS titulada:
"Efecto del carbón activado de cáscara de Plátano (Musa Paradisiaca Variedad hartón) en la remoción de hierro Total del agua del Subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali, Perú".

Sustentada el año: 2022
Con la asesoría de: Dr: Edgar Díaz Zuñiga
En la Facultad de: Ciencias ambientales y Forestales.
Carrera Profesional de: Ingeniería Ambiental.

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

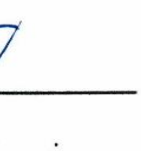
De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 27 / 06 / 2022.

Email: laura26210390@gmail.com
Firma: 

Teléfono: 986969415
DNI: 46753075

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud y bendición para lograr mis metas como persona y como profesional.

A mis Padres Luis Emilio y Evangelina por su apoyo, consejos y sobre todo por toda la paciencia que me han tenido.

A mi familia, en especial a mi tío Enrique Hilmer quien fue que me inspiro a seguir adelante ante toda adversidad.

Luis Emilio, Cárdenas Mestas

A Dios por permitirme la vida, la fuerza y salud. A mi adorada y hermosa abuela Esther Hernández de García que, aunque ya no se encuentre con nosotros lo llevo en el corazón. A mis queridos padres Juan Flores y Melci García siendo ellos quienes con sus consejos, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un gran sueño. A mi querido esposo Franck López por haberme apoyado incondicionalmente estando conmigo en las buenas malas muchas gracias querido esposo y a mi preciosa hija Leonella López que siempre será mi motor y la fortaleza que me ayuda a seguir adelante.

Mery Laura Teresita, Flores García

AGRADECIMIENTO

Deseamos agradecer **A la Universidad Nacional de Ucayali** y a la plana de docentes, cuyos conocimientos y experiencia lograron en nosotros una íntegra formación profesional.

Al asesor de tesis **Dr. Édgar Díaz Zúñiga** por su tiempo, conocimientos, guía, respaldo y confianza durante todo el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Fernando Manuel Blondet Molina por su apoyo con el laboratorio de química de la madera para la elaboración de la tesis y compartirnos sus experiencias.

A nuestros amigos: Christian Tiburcio, Esther Macedo, Ana Barba, Renzo Alvarado, Natividad Donayre, Alessandra Mathios, Almendra Chino, Micheli Jiménez, Gracias por todo el tiempo de amistad brindada en el transcurso de la carrera universitaria, principalmente a los que de una u otra forma nos ayudaron con el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA vii
AGRADECIMIENTO viii
ÍNDICE ix
ÍNDICE DE FIGURAS xi
ÍNDICE DE TABLAS xiv
RESUMEN xv
ABSTRACT xvi
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 5
1.2.1 Pregunta General 5
1.2.2 Preguntas específicas 5
1.3 JUSTIFICACIÓN 5
1.4 OBJETIVOS 7
1.4.1 Objetivo General 7
1.4.2 Objetivo Específicos 7
1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES 7
1.5.1 Hipótesis General 7
1.5.2 Variables 7
CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO 8
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 8
2.1.1 Internacional 8
2.1.2 Nacional 9
2.1.3 Local 10
2.2 PLANTEAMIENTO TEORICO 11
2.2.1 El plátano (*Musa balbisiana)* y su cascara 11
2.2.2 Remoción del hierro del agua y formas en los que se encuentra 12
2.2.3 Tecnologías de remoción del hierro del agua 12
2.2.4 Problemas del hierro en la salud humana 13
2.2.5 Pirólisis 13
2.2.6 Carbón activado 14

2.2.7 Métodos de activación del carbón 14
2.2.8 Capacidad de remoción de metales pesados del carbón activado 15
2.2.9 Marco legal 15
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS....18
CAPÍTULO III 20
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO....20
3.1.1 Ubicación geográfica 20
3.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN 21
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA 21
3.3.1 Población....21
3.3.2 Muestra 21
3.4 INSTRUMENTOS MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS....23
3.4.1 Materiales....23
3.4.2 Equipos 24
3.4.3 Reactivos químicos 24
3.4.4 Programa....24
3.5 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 24
3.6 Tratamiento de datos 33
CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSION....34
4.1. RESULTADOS....34
4.1.1. Etapa 01: Obtención del carbón activado de cascara de plátano ..34
4.1.2. Etapa 02 Selección de pozo con mayor concentración de hierro ..38
4.1.3. Etapa 03 Diseño Experimental: Tratamiento de agua con el carbón activado de cascara de plátano 55
4.1.4. Determinación de los porcentajes de remoción de hierro con el carbón activado de cascara de plátano. 58
4.1.5. Análisis Estadístico....59
CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72
5.1. CONCLUSIONES 72
5.2. RECOMENDACIONES....73
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA....74
ANEXO 78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital de ubicación de la ejecución de la investigación 20
Figura 2. Peso de la muestra húmeda y Crisol 27
Figura 3. Muestra seca dentro de la mufla a 900°C por 7 minutos..... 28
Figura 4. Muestra seca dentro de la mufla a 900°C por 60 minutos..... 29
Figura 5. Rendimiento de la materia prima 34
Figura 6. Resultados de las Características del Carbón Activado..... 37
Figura 7. Resultados del Análisis de hierro de los 7 Pozos..... 39
Figura 8. Resultados del Análisis de Oxígeno Disuelto..... 40
Figura 9. Resultados del Análisis de Turbiedad..... 41
Figura 10. Resultados del Análisis de Color Verdadero..... 42
Figura 11. Resultados del Análisis de Conductibilidad..... 42
Figura 12. Resultados del Análisis Solidos Disuelto Totales..... 43
Figura 13. Resultados del Análisis Ph 43
Figura 14. Resultados del Análisis Ph 44
Figura 15. Resultados del Alcalinidad..... 45
Figura 16. Resultados de la Dureza 46
Figura 17. Resultados de Cloro Residual 46
Figura 18. Resultados de Nitrato 47
Figura 19. Resultados de Nitrito 47
Figura 20. Resultados de Nitrito 48
Figura 21. Resultados de Sulfatos..... 48
Figura 22. Resultados de Calcio..... 49
Figura 23. Resultados de Amonio..... 49
Figura 24. Resultados de Aluminio 50
Figura 25. Resultados de Hierro..... 50
Figura 26. Resultados de Arsénico..... 51
Figura 27. Resultados de Manganeso 51
Figura 28. Resultados de Zinc..... 52
Figura 29. Resultados de Sodio..... 52
Figura 30. Resultados de Sodio..... 53
Figura 31. Resultados de Coliformes Totales 53
Figura 32. Resultados de Coliformes Totales 54
Figura 33. Resultados de Coliformes Totales 54
Figura 34. Variación promedio de remoción de hierro total en agua según los niveles de factor de granulometría del carbón..... 62

Figura 35. Variación promedio de remoción de hierro total en agua según los niveles de factor de peso del carbón 63
Figura 36. Remoción de hierro total promedio con 1 g de carbón activado de plátano 65
Figura 37. Remoción de hierro total promedio con 2 g de carbón activado de plátano 65
Figura 38. Remoción de hierro total promedio con 3 g de carbón activado de plátano 66
Figura 39. Porcentaje de remoción de hierro total en 1 g de carbón activado 67
Figura 40. Porcentaje de remoción de hierro total en 2 g de carbón activado 68
Figura 41. Porcentaje de remoción de hierro total en 3 g de carbón activado 68
Figura 42. Comparación del peso y granulometría en la remoción del hierro total 69
Figura 43. Recolección de la cascara de plátano 79
Figura 44. Pesado la cascara de plátano 79
Figura 45. Secado solar de la cascara de plátano 80
Figura 46. Picado de la cascara de plátano 80
Figura 47. Modificación química con ácido fosfórico 81
Figura 48. Modificación química de la cascara de plátano mediante temperatura térmica 81
Figura 49. Secado de la cascara de platano 82
Figura 50. Carbonización de la cascara de plátano 82
Figura 51. Carbonización de la cascara de plátano a la T° de 450 y 550 83
Figura 52. Obtención del carbón activado 83
Figura 53. Molido del carbón activado utilizando la moledora 84
Figura 54. Molido del carbón activado utilizando el mortero 84
Figura 55. Tamizado del carbón activado 85
Figura 56. Lavado del carbón activado con agua destilada 85
Figura 57. Filtrado del carbón activado 86
Figura 58. Secado del carbon activado a T de 150 °C 86
Figura 59. Almacenamiento en bolsa siploc 87
Figura 60. Recolección de muetras de agua del ex Comedor UNU 87
Figura 61. Recolección de muestras de agua del Rectorado 88
Figura 62. Recolección de muestras de agua de Coordinación Académica 88
Figura 63. Recolección de muestras de agua de Derecho y Ciencias Políticas 89
Figura 64. Recolección de muestras de agua de Pabellón Académico N°07 89
Figura 65. Recolección de muestras de agua de Pabellón Académico N°05 90
Figura 66. Muestras recolectadas de los 7 pozos 90

Figura 67. Determinación de mayor cantidad de hierros de las muestras de agua 91
Figura 68. Muestra de agua con mayor cantidad de hierro enviada a analizar a la empresa EMAPACOPSA 91
Figura 69. Resultados de análisis de agua del Ex Comedor realizada por empresa EMAPACOPSA 92
Figura 70. Resultados de análisis de agua después del tratamiento con el carbón activado del Ex Comedor realizada por empresa EMAPACOPSA..... 93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Limites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos del agua 16
Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de parámetros de Calidad Organolépticas 17
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles de parámetros Químicos inorgánicos y orgánicos 17
Tabla 4. Diseño Experimental 21
Tabla 5. Ubicación de los POZOS seleccionados 30
Tabla 6. Diseño Experimental tratamiento de agua con carbón activado de cascara de plátano 32
Tabla 7. Resultado del Rendimiento de la materia prima 34
Tabla 8. Resultado del Granulometría 35
Tabla 9. Resultado de Humedad 35
Tabla 10. Resultado de Material Volátil 35
Tabla 11. Resultado de Cenizas 36
Tabla 12. Resultado de Carbono Fijo 36
Tabla 13. Resultado del Poder Calorífico 36
Tabla 14. Resumen de los resultados de la Caracterización del carbón Activado 37
Tabla 15. Resultados del análisis de Hierro para los 7 Pozos 38
Tabla 16. Resultados de la Determinación Física 39
Tabla 17. Resultados de la Determinación Química 44
Tabla 18. Resultados de la Concentración de Hiero en el primer tratamiento. 55
Tabla 19. Resultados de la Concentración de Hiero en el segundo tratamiento. 56
Tabla 20. Resultados de la Concentración de Hiero en el segundo tratamiento. 57
Tabla 21. Resultados de la Concentración de Hiero en el segundo tratamiento. 58
Tabla 22. Análisis de Varianza - ANOVA 59
Tabla 23. Comparación múltiple de HSD Tukey para la Granulometría del carbón activado 60
Tabla 24. Comparación múltiple de HSD Tukey para el peso del carbón activado 61
Tabla 25. Comparaciones parejas de Tukey: GRANULOMETRIA (µm)*PESO (g) confianza de 95% 64

RESUMEN

El presente proyecto de investigación denominado efecto del carbón activado de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca variedad hartón**)*** en la remoción de hierro total del agua del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali, Perú, el cual se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali, en el laboratorio de Transformación Química de la Madera.

Este proyecto de investigación es de tipo experimental, tuvo como objetivo determinar el efecto del carbón activado obtenido de cascara de plátano (*Musa paradisiaca variedad hartón)* para remover el hierro total de las aguas del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali, se recolecto 28 litros de agua del pozo de ex coordinación académica de la UNU, donde se evaluaron las características organolépticas, fisicoquímica y microbiológica, obteniendo un análisis de agua que superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua de consumo humano y teniendo una cantidad alta de hierro de 1.1 mg/L.

Se procedió a recolectar los residuos de cascara de plátano para elaborar el carbón activado y proceder a realizar los tratamientos en unidades experimentales donde fueron evaluadas en un vaso precipitado de 1000 ml con la misma cantidad de muestra de agua del pozo seleccionado, se añadió en cada vaso precipitado carbón activado de cascara de plátano con granulometrías (600, 450, 300) µm y cantidades distintas de peso carbón activado (1, 2, 3 gramos) para remover el hierro total. Se concluyó que el carbón activado de cascara de plátano tiene el efecto de remover el hierro total, donde el tratamiento 1 con granulometría de 600 µm y 3 gramos de carbón activado de cascara de plátano reduce un 0.79 mg/L de hierro total, con porcentaje de remoción de 72 % siendo el más adecuado para la remoción de hierro total.

Palabras claves: Remoción, Carbón activado, Hierro, Cascara de plátano.

ABSTRACT

The present research project called the effect of activated carbon from banana peel (Musa paradisiaca variety hartón) in the removal of total iron from the subsoil water of the National University of Ucayali. Ucayali, Peru, which was carried out in the facilities of the National University of Ucayali, in the Chemical Transformation of Wood laboratory.

This research project is of an experimental type, its objective was to determine the effect of activated carbon obtained from banana peel (Musa paradisiaca variety hartón) to remove total iron from the subsoil waters of the National University of Ucayali, 28 liters were collected of water from the well of former academic coordination of the UNU, where the organoleptic, physicochemical and microbiological characteristics were evaluated, obtaining a water analysis that exceeds the Maximum Permissible Limits (LMP) for water for human consumption and having a high amount of iron of 1.1mg/L.

The banana peel residues were collected to elaborate the activated carbon and proceed to carry out the treatments in experimental units where they were evaluated in a 1000 ml beaker with the same amount of water sample from the selected well, was added in each activated carbon beaker from banana peel with grain sizes (600, 450, 300) µm and different amounts of activated carbon weight (1, 2, 3 grams) to remove total iron. It was concluded that activated carbon from banana peel has the effect of removing total iron, where treatment 1 with a granulometry of 600 µm and 3 grams of activated carbon from banana peel reduces 0.79 mg/L of total iron, with percentage of removal of 72% being the most suitable for the removal of total iron.

Keywords:.Removal, Activated carbon, Iron, Banana peel.

INTRODUCCIÓN

La investigación realizada y denominada “Efecto del carbón activado de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca variedad hartón)* en la remoción de hierro total del agua del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali, Perú”, determina y evalúa si el carbón activado de cascara de plátano es efectiva para la remoción de hierro total del agua del subsuelo de la Universidad nacional de Ucayali.

Entre las aguas superficiales y subterráneas hay una gran diferencia siendo la más significativa la presencia de hierro en aguas subterráneas, generalmente las aguas con carga orgánica suelen tener más presencia de hierro ya que la materia orgánica del suelo absorbe el oxígeno disuelto del agua, la relación de hierro presente en las aguas subterráneas genera problemas asociados de bioensuciamiento y corrosión microbiológica causada por las bacterias del hierro en los sistemas de captación y conducción de agua para diferentes usos, cabe mencionar que la presencia de hierro provoca la aparición de manchas en las ropas, sanitarios y utensilios domésticos, modificación de las características organolépticas del agua (olor, sabor, y color). (Motta, 2011)

Desde el punto de vista sanitario, uno de los riesgos reside en que este elemento consume cloro de la desinfección quedando el agua desprotegida frente agentes patógenos. (Rodríguez, et al., 2010)

Debido al incumplimiento de estos niveles de concentración de hierro (Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo: D.S. N° 031- 2010-S. A/Ministerio de Salud), y a la escasa información o estudios relacionados en técnicas comunes empleadas a remoción de hierro, se elaboró la siguiente investigación, debido a esta problemática nos permite formula el problema principal ¿Qué efecto tendrá el carbón activado obtenido de cáscaras de plátano en la remoción del contenido de hierro total de las aguas del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali?, teniendo como hipótesis el carbón activado obtenido de cáscaras de plátano remueve el contenido de hierro total de las aguas del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali.

La metodología empleada consistió en la obtención del carbón activado de cascara de plátano, se realizó la activación química con ácido fosfórico (H3PO4) al 85%, con una carbonización a 550 °C, en un reactor si presencia de oxigeno

por un tiempo de una 1 hora ; posteriormente se realizó el recojo de las muestras de agua de los diferentes pozos ubicados en la Universidad Nacional de Ucayali, seleccionando para la investigación el que contenga mayor cantidad de hierro con la finalidad de realizar los tratamientos con el carbón activado de cáscara de plátano.

La importancia del estudio se fundamenta, en la necesidad de encontrar técnicas o mecanismos para el tratamiento de las aguas subterráneas para uso humano, la necesidad de recurrir al aprovechamiento de la cascara de plátano como materia prima, dándole un valor agregado, como herramienta para la mejora de la calidad de vida; por tal motivo el objetivo general fue determinar el efecto del carbón activado obtenido de cáscaras de plátano para remover el hierro total de las aguas del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali, y teniendo como objetivos específicos, caracterizar fisicoquímicamente el agua de consumo doméstico del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali, determinar las características fisicoquímicas del carbón activado obtenido a partir de cáscaras de plátano, determinar las concentraciones y granulometrías del carbón activado obtenido de cáscaras de plátano para la remoción del hierro total de las muestras de agua procedente del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali.

Finalmente presentamos esta investigación dividido en cinco capítulos, en donde exponemos todas las evidencias y los resultados obtenidos con la finalidad de contribuir en la toma de decisiones.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua subterránea, tiene una vital importancia para la humanidad, porque supone la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas por las personas. A nivel global, el agua subterránea representa cerca de un 20% de la reserva de aguas dulces, que a su vez constituyen el 31% del total; el 80% restante está formado por las aguas superficiales; un 79% es hielo y el 11% está constituido por ríos, lagos y arroyos, según (Mosquera , 2002)

Es por ello, que la población ucayalina diariamente consume agua para satisfacer sus necesidades vitales, la cual procede del subsuelo, que es un servicio brindado por la empresa EMAPACOPSA, como por proveedores privados, pero los consumidores desconocen su contenido de minerales, los cuales forman parte de su composición química, por lo cual, no sabemos qué calidad presenta, y al ser un componente esencial para la vida, su oferta bajo la modalidad de prestación de servicio (por Emapacop S.A.) o bien comercializable (por particulares), debe hacerse en condiciones de alta calidad sanitaria, así como libre de la presencia de metales pesados como el hierro, para garantizar la salud de las personas consumidoras de este líquido elemento.

Sobre la presencia de este mineral en el agua de consumo en la localidad, ya se tenía conocimiento sobre el mismo, pues la Empresa Prestadora de Servicios EMAPACOP S.A., en su documento “PLAN MAESTRO OPTIMIZADO Y LA PROPUESTA DE FÓRMULA TARIFARIA, ESTRUCTURA TARIFARIA Y METAS DE GESTION DE EMAPACOP S.A.”, expuesto en el año 2010, indicaba que el agua de los sectores 4, 5, 6 y 8, presentaba trazas de hierro, en virtud de la coloración amarillenta que se podía observar en el agua, en las primeras horas de la mañana, sin indicar los valores de la concentración del hierro, y, manifestaban que como mejoramiento del Sistema de Agua Potable, instalarían una línea de

impulsión de hierro dúctil clase K-9, y, una línea de aducción con tuberías también de hierro dúctil, con los cuales, se estaría incrementando la concentración de hierro en el agua del servicio. Del mismo modo, la misma empresa en su Plan Estratégico Años 2013 – 2017, formulado en el año 2013, volvían a indicar que el agua suministrada a los Sectores 4, 5 y 6 de la ciudad de Pucallpa, seguía presentando trazas de hierro, verificados por el color amarillo que presentaba en las primeras horas del día, sin embargo, tampoco cuantificaban la magnitud del problema, pues no indicaban los valores que presentaba la concentración del mineral en el líquido elemento.

En cuanto al consumo de plátano (*Musa balbisiana*), que es un producto considerado como de pan llevar ya que se constituye en una comida básica en casi todos los rincones de la región selva del país y se le prepara en la cocina, friéndolo o hirviéndolo (Cardenas, 2009), pues todos los días es ingerido por la mayaría de la población de la ciudad de Pucallpa, genera altos niveles de residuos sólidos, constituidos principalmente por las cáscaras, las cuales representan alrededor del 40% del peso total, y si consideramos que según la (Agencia de Noticia Andina, 2019) que cita al Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI, la producción de plátano en el país al mes de noviembre del 2018, alcanzó las 188,000 toneladas, correspondiéndole a Ucayali el 6,54%, es decir unas 12,295.20 toneladas, que produjeron 4,918 toneladas de cáscaras, lo cual representa un volumen considerable de desechos, que al no ser aprovechadas, han estado causando problemas de contaminación, al incrementarse los desechos sólidos en la ciudad.

El problema de la toxicidad del hierro en los seres humanos, se puede producir por una sobredosis de hierro (toxicidad aguda) en los niños menores de 6 años ante una ingesta accidental de suplementos de hierro lo cual puede acarrear vómitos, diarrea, dolor abdominal llegando a dificultades respiratorias, coma y muerte, y, las altas dosis de suplementos de hierro en adultos pueden traer complicaciones gastrointestinales como constipación, nausea, vómitos, diarrea, especialmente si son tomados con el estómago vacío. (Gonzales, 2012)

En general, la toxicidad de los metales pesados es muy compleja y se basa en las múltiples posibilidades que tienen para formar

macromoléculas reemplazando otros metales que desempeñan un papel importante en la actividad enzimática, por lo cual, si existen altos niveles de exposición de metales pesados, se pueden generar efectos bioquímicos tóxicos en los seres humanos que alternadamente causan problemas en la síntesis de la hemoglobina, en los riñones, en el aparato gastrointestinal, en el sistema reproductivo, y daños agudos o crónicos al sistema nervioso, donde la exposición puede ocurrir a través del agua potable, del alimento; donde los más vulnerables a dicha exposición son los infantes, niños y jóvenes. (Leguia, 2016)

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Pregunta General

- ¿Qué efecto tendrá el carbón activado obtenido de cáscaras de plátano en la remoción del contenido de hierro total de las aguas del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali?

1.2.2 Preguntas específicas

- ¿Qué características fisicoquímicas presenta el agua del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali?
- ¿Qué características fisicoquímicas presenta el carbón activado obtenido de cáscaras de plátano?
- ¿Qué concentraciones y granulometrías de carbón activado obtenido de cáscaras de plátano removerá el hierro total de las muestras de agua procedente del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Se ha manifestado que el agua es un líquido vital cuyo consumo es esencial para los seres vivos, donde se incluye al ser humano, por ello es importante que sus características fisicoquímicas muestren valores

permisibles, para evitar generar enfermedades en las personas que la consumen. Si tomamos en cuenta lo manifestado por Cervera et al. (2004), sobre la cantidad de agua en el organismo que varía entre tejidos, así, la sangre contiene un 83%; el músculo entre 70 a 75%; el esqueleto entre 43 a 60%, y el tejido adiposo, un 15% aproximadamente; y, en el feto, puede constituir más del 90% del peso corporal, en el recién nacido un 80%, mientras que en los adultos la proporción es de un 60%, se comprende sobre la importancia de beberla sin elementos dañinos para nuestro organismo.

En Pucallpa, la mayoría de la población, consume agua procedente de pozos subterráneos, desconociéndose su composición fisicoquímica, por lo cual se hace necesario la determinación y cuantificación de hierro en las aguas de consumo doméstico, para así conocer, si la cantidad que ingerimos diariamente, se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos por los organismos responsables de su vigilancia, o si superamos los valores, lo cual nos permitiría establecer acciones correctivas a fin de garantizar la salud de la población y evitar su ingesta elevada que la puede volver peligrosa o nociva.

En cuanto a la acumulación de los residuos del plátano (cáscaras), se plantea como alternativa de minimización al problema, su aprovechamiento para ser transformados en carbón activado, mediante pirólisis, con lo cual se podría disminuir la concentración de hierro en las aguas de uso doméstico, generando así alternativas de solución a los problemas descritos y a la generación de conocimientos en cuanto a metodologías para llevar a niveles permisibles la concentración del mineral de hierro en las aguas de consumo humano y para otorgar valor agregado a las cáscaras de plátano.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Determinar el efecto del carbón activado obtenido de cáscaras de plátano en la remoción del hierro total del agua del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali.

1.4.2 Objetivo Específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente el agua de consumo doméstico del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali.
- Determinar las características fisicoquímicas del carbón activado obtenido a partir de cáscaras de plátano.
- Determinar las concentraciones y granulometrías del carbón activado obtenido de cáscaras de plátano para la remoción del hierro total de las muestras de agua procedente del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 Hipótesis General

El carbón activado obtenido de cáscaras de plátano remueve el contenido de hierro total de las aguas del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali.

1.5.2 Variables

- **Variable independiente (X):**

  X: Carbón activado de cáscaras de plátano
- **Variable dependiente (Y):**

  Y: Contenido de hierro total

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1 Internacional

Tejeda et al., (2014) en Colombia, utilizaron cáscaras de plátano y naranja para remover cromo, logrando con el carbón activado de plátano, remover 95 ppm del metal y 85 ppm con el carbón activado de naranja. Utilizaron temperaturas de pirólisis de 400° con una velocidad de flujo de calor de 15°C/min, y, en una atmósfera inerte de nitrógeno para evitar formación de cenizas, y, 600°C, con la misma velocidad de flujo de calor, empleando como elemento activador, ácido fosfórico al 85% (1 mL H3PO4/g de carbón), empleando en ambos casos, tiempos de 1 hora.

Ríos (2014) en Ecuador, se planteó una investigación, que tuvo como objetivo general fue evaluar la capacidad de biosorción de la harina cáscara de banano maduro (HCBM) para la eliminación de metales pesados y el porcentaje de remoción de dichos metales. Utilizó 2 parámetros: tamaño de partícula de la biomasa (0,400 mm y 841 µm) y cantidad de biomasa absorbente (4, 8, 12 y 16 g/L). El estudio consistió en colocar diferentes concentraciones de HCBM con diferentes tamaños de partícula en soluciones de 50 ppm de Arsénico. Los resultados muestran un máximo porcentaje de bioadsorción de 95,5 % ± 1,75 de arsénico. Por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), identificó que los grupos funcionales que estarían participando en la bioadsorción de los metales pesados estudiados fueron: carboxil, carbonil, sulfidril, fosfato e hidroxil.

Gonzáles y Hernández (2012), en Nigaragua, determinaron y compararon el contenido de hierro en muestras de frijoles blancos, negros y rojos antes y después de someterlos a un proceso de cocción, encontrando diferencias significativas entre el contenido de hierro como resultado de la cocción, demostrando la utilidad del método propuesto,

usando para ello la complejación con o-fenantrolina, mediante el método espectrofotométrico.

Jaime (2013), en Nicaragua, determinó hierro en el fruto de la Cassia grandis L.f., empleando el método colorimétrico de la Ortofenantrolina, obedeciendo a la ley de Lambert y Beer, a través de Espectrofotometría Ultravioleta/Visible, que tiene como principio la reacción entre el ion hierro (II) y la 1,10-fenantrolina (ortofenantrolina) para formar un compuesto de color rojo-naranja.

García y Santiago (2011), en El Salvador, validaron el método Espectrofotométrico (3500-Fe D) de la fenantrolina para determinación de hierro total en agua potable. Luego de las pruebas respectivas, concluyeron que este método para la determinación de hierro total en agua potable es confiable y seguro, por lo que puede utilizarse por ser muy práctico, de bajo costo, o puede ser utilizado como un recurso didáctico.

En Colombia, Romero (2002), citado por Burbano y Sánchez (2007), manifiestan que el color rojo-naranja que se forma, obedece a la ley de Beer, con la cual se relaciona la concentración de la solución de con la absorción de la luz y se mide por comparación visual o fotométrica. Para asegurar que todo el hierro esté en forma soluble, es necesario adicionar ácido clorhídrico con el fin de disolver todo el hidróxido férrico.

2.1.2 Nacional

En San Martín, Campos y Porras (2019), diseñaron un filtro casero con arena, grava cuarzosa, y emplearon harina de cáscara de plátano (Musa spp), con la cual, lograron adsorber hierro y manganeso presente en las aguas de un pozo, para lo cual ensayaron concentraciones de harina en el orden de 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 y 450 g y temperaturas de trabajo de 90, 100, 110 y 120 °C, elementos claves para el éxito del proyecto. Según los resultados, las concentraciones más eficientes fueron para el hierro: a una C1 (200 g) y una temperatura (100 °C), con los cuales adsorbieron hasta un 82.26 % de Fe, para el caso del manganeso: a una C1 (100 g) y una temperatura (90 °C), se adsorbe hasta un 89.1 % de Mn.

Esto demostró la disminución significativa de los parámetros de Fe y Mn del agua de pozo después del tratamiento.

Por su parte Leguía y Puma (2016), en Arequipa, desarrollaron un trabajo de investigación orientado al diseño de filtros de bioarena, para remover metales pesados, entre los cuales se encontraba el hierro. Construyeron un contenedor del filtro de vidrio en primera instancia para pruebas técnicas y luego de concreto, el cual se llenó con capas de arena y grava especialmente seleccionada y preparada para este fin. La remoción de los metales pesados (Cd, Cr, Pb, Fe) se logró mediante la precipitación electroquímica en gránulos de cobre-zinc. El accesorio diseñado logró reducir la contaminación de más del 99% de cromo y cadmio, y valores por encima del 98% de remoción de plomo y hierro, considerando concentraciones iniciales de hasta 100 veces el límite máximo permisible.

En Ancash, Sabino (2016), investigó la cuantificación de hierro y cobre en la Maca (Lepidium peruvianum), Muña (Minthostachy mollis) y Cañihua (Chenopodium pallidicaule), mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica en su modalidad Llama, con la cual determinaron valores de 9 a 21mg/100g para el fierro y 1 a 4.5 mg/100g para el cobre, respectivamente.

2.1.3 Local

Taboada (2015) , investigó en Pucallpa, el uso de carbón activado obtenido de la cáscara del cacao (Theobroma cacao L.), evaluando su capacidad adsorbente para disminuir el contenido de hierro, aluminio y cobre de las aguas del río Ucayali y la laguna de Yarinacocha, obteniendo remociones del orden de 52,72 y 66,72% para el hierro en las muestras codificadas como M-6U, M-6Y; de 28,57% para el aluminio en la muestra M-9Y; y, 42,50% para el cobre en la muestra M-15U. Caracterizó el carbón activado, por lo cual mostró un rendimiento de 5,84% y cenizas de 0,362%, siendo la humedad de las cáscaras utilizadas del 79,79%.

También en Pucallpa, Barboza y Díaz (2018), estudiaron la efectividad del carbón activado elaborado del endocarpio de Elaeis

guineensis para disminuir el nivel de concentración de hierro férrico (Fe+3) en el agua potable de un pozo tubular de la habilitación urbana Municipal de Manantay. Estudiaron la influencia de la concentración del agente activante, tiempo de activación y las diferentes granulometrías del carbón activado, bajo un diseño de Bloques completamente al azar con arreglo factorial (2x2x3). Emplearon el método espectrofotométrico de la fenantrolina para medir la disminución de hierro presente en el agua. Obtuvieron como resultados que el carbón activo con mayor poder de adsorción y por consiguiente con una mayor área superficial fue el carbón activado a 60% de concentración de agente activante y con tamaños menores a 0,15 mm, el cual presentó las propiedades físico-químicas: Humedad 9,954%; material volátil 86,361%; contenido de cenizas 0,367%; carbono fijo 3,318%.

2.2 PLANTEAMIENTO TEORICO

2.2.1 El plátano (*Musa balbisiana)* y su cascara

El plátano es uno de los cultivos más comunes en todos los países con clima tropical, de todo el fruto lo único que es consumido por las personas es la pulpa, generándose así grandes cantidades de desperdicios, los cuales son colocados en basureros municipales lo que contribuye a crear problemas ambientales. (Blasco & Montalo, 2014)

El porcentaje en peso de cáscara de las variedades de uso industrial puede estar entre un 35% a 40%, con lo cual se obtiene una cantidad considerable de residuos durante el procesamiento del plátano Manjarrés et al. (2010). La cáscara contiene celulosa (10.5%) y hemicelulosa (14%) y lignina (17%) Manjarrés et al. (2010). En la cáscara de plátano existe un gran número de moléculas con carga negativa como carbonil, carboxil, sulfidril, fosfato e hidroxil. Estas moléculas tienen la capacidad de atracción sobre la carga positiva de los metales pesados (Campos, Smith, H & Porras Becerra, J. J, 2019).

2.2.2 Remoción del hierro del agua y formas en los que se encuentra

La remoción de Hierro (Fe) depende del estado en que se encuentre el mineral y de la calidad del agua presente. En aguas subterráneas en ausencia de oxígeno, las formas de hierro (hierro ferroso, Fe (II)), puede aparecer en forma reducida (estado de oxidación +2) como iones metálicos libres Fe2+, o en forma compleja con material orgánico natural como es el caso de aguas superficiales, los cuales pueden ser afectados por la tensión iónica a la concentración de las especies disueltas, como ligantes que pueden formar compuestos de coordinación o complejos con el metal (Loaiza, 2009).

La forma del hierro en el agua depende, mucho del pH y del potencial de oxidación-reducción (AWWA, (2002), Weber, (1979), citados por Loaiza, (2009). El hierro puede pasar de una forma disuelta (por ejemplo, Fe2+ o FeOH+) a una forma precipitada (FeCO3, Fe(OH)2 o Fe(OH)3), al aumentarse el potencial (oxidación), el pH, o ambos (AWWA, 2002).

Las sales solubles de hierro son, por lo general, ferrosas (Fe+2) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso Fe (HCO3)2. Por consideraciones de sabor y debido a que los tratamientos convencionales pueden eliminar el hierro en estado férrico, pero no el hierro soluble Fe (+2), las guías de calidad de la WHO, 2004, recomiendan que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase 0.3 mg/L de hierro (Marín, 2011).

2.2.3 Tecnologías de remoción del hierro del agua

Entre las tecnologías de tratamiento para la remoción de hierro, tenemos la precipitación química, oxidación química (cloro, Ozono, permanganato de potasio), oxidación biológica, sistemas de aireación, intercambio iónico, adsorción en medios acondicionados y procesos secuestrantes (Loaiza, 2009).

2.2.4 Problemas del hierro en la salud humana

El exceso de hierro en el organismo está probablemente ligado a problemas fisiopatológicos que no se han explicado por completo. Estos probablemente implican efectos tóxicos del hierro en los orgánulos intracelulares, en particular, las mitocondrias y los lisosomas. Los tejidos en riesgo (células beta del corazón, el hígado y el páncreas): todas tienen mitocondrias muy activas, que se activan de forma incidental. Esto nos da la certeza de que el hierro puede ser preferentemente tóxico para las células con alta actividad mitocondrial. Al menos parte de la toxicidad a largo plazo puede involucrar daño oxidativo mediado por hierro en el genoma mitocondrial con una acumulación de eventos mutacionales que conducen al desorden de las funciones mitocondriales de forma progresiva. Se asocia también la toxicidad celular por hierro, a la desestabilización oxidativa catalizada por este metal, de los lisosomas, que conduce a la filtración de enzimas digestivas en el citoplasma celular y la muerte celular apoptótica o necrótica (Eaton y Qian, 2002).

El hierro al ser un metal de transición es esencial para la vida, pero cuando se asocia a las especies de oxígeno reactivas, genera potencialmente reacciones tóxicas (ROS), por lo cual estas asociaciones son reconocidas cada vez más como importantes iniciadores y mediadores de la muerte celular en una variedad de organismos y situaciones patológicas, y han propiciado una nueva forma de muerte celular dependiente del hierro denominada ferroptosis (Dixon y Stockwell, 2014).

2.2.5 Pirólisis

Es la degradación térmica o volatización de la biomasa en ausencia de oxígeno y aire. Controlando los parámetros para su realización como: tipo de biomasa, temperatura máxima, las condiciones de la atmósfera de reacción, la tasa de calentamiento y el tiempo de permanencia de los productos en el reactor, es posible modificar las características de sus productos principales. El material sólido carbonizado, puede utilizarse como combustible en procesos industriales, en la cocción de los alimentos

o como materia prima para la fabricación de carbón activado (Gómez, 2008).

2.2.6 Carbón activado

Este término se aplica a una serie de carbones porosos preparados artificialmente, a través de un proceso de carbonización, para que exhiban un elevado grado de porosidad y una alta superficie interna. El carbón activado es un adsorbente muy versátil ya que el tamaño y la distribución de sus poros en la estructura carbonosa pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de tecnología actual y futura. Los carbones activados comerciales son preparados a partir de materiales precursores con un alto contenido en carbono, especialmente, materiales orgánicos como, madera, huesos, cascaras de semillas de frutos, como también, carbón mineral, breas, turba y coque (Luna et al. (2007).

2.2.7 Métodos de activación del carbón

Los procesos de activación se dividen en dos: la activación física (llamada también térmica) y la activación química.

Activación física: La porosidad de los carbones preparados mediante activación física es el resultado de la gasificación del material carbonizado a temperaturas elevadas. En la carbonización se eliminan elementos como el hidrógeno y el oxígeno del precursor para dar lugar a un esqueleto carbonoso con una estructura porosa rudimentaria. Durante la gasificación el carbonizado se expone a una atmósfera oxidante (vapor de agua, dióxido de carbono, o mezcla ambos) que elimina los productos volátiles y átomos de carbono, aumentando el volumen de poros y el área específica. El carbón que se obtiene es llamado carbón primario (similar al usado para asar carnes), Luna et al. (2007).

Activación química: La porosidad de los carbones que se obtiene por activación química es generada por reacciones de deshidratación química, que tienen lugar a temperaturas mucho más bajas. En este proceso el material a base de carbón se impregna con un agente químico, principalmente ácido fosfórico (o cloruro de cinc) y el material impregnado

se calienta en un horno a 500–700 ◦C. Los agentes químicos utilizados reducen la formación de materia volátil y alquitranes Luna et al. (2007). El carbón resultante se lava para eliminar los restos del agente químico usado. Este carbón es llamado carbón secundario, Luna et al. (2007).

2.2.8 Capacidad de remoción de metales pesados del carbón activado

La capacidad de remoción de iones metálicos del carbón activado va a depender de ciertos parámetros controlables en el proceso de adsorción como lo son el pH, el tamaño de partícula, la temperatura, y la concentración de la biomasa, sin embargo, es posible incrementar dicha capacidad de remoción mediante la modificación física o química de sus propiedades (Tejada-Tovar, (2015).

2.2.9 Marco legal

Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo: D.S. N° 031-2010-S. A/Ministerio de Salud

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población. El presente Reglamento y las normas sanitarias complementarias que dicte el Ministerio de Salud son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional, que tenga responsabilidad de acuerdo a ley o participe o intervenga en cualquiera de las actividades de gestión, administración, operación, mantenimiento, control, supervisión o fiscalización del abastecimiento del agua para consumo humano, desde la fuente hasta su consumo; no se encuentran comprendidas en el ámbito de aplicación del presente Reglamento:

- Las aguas minerales naturales reconocidas por la autoridad competente.

- Las aguas que, por sus características físicas y químicas, sean calificadas como productos medicinales.

Dicho reglamento tiene límites máximos permisibles establecidos y si estos pasan se sabe que afectan de manera adversa a los humanos, cabe mencionar si sobrepasa los límites establecidos se rechaza el abasto de agua

Tabla 1. Límites Máximos Permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos del agua

	PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1.	Bacterias coliformes totales	UFS/100 Ml a 35° C	0(*)
2.	E. Coli	UFS/100 Ml a 44,5° C	0(*)
3.	Bacterias Coliformes Termotolerantes o fecales	UFC/100 Ml a 44,5° C	0(*)
4.	Bacterias Heterotróficas	UFS /Ml a 35° C	500
5.	Huevos y larvas de Helmintos, quiste y ooquiste de protozoarios patógenos	N° org/L	0
6.	Virus	UFS/mL	
7.	Organismo de vida libre, como algas protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC= Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = <1,8/100 ml

Fuente: (D.S. 031- 2010- SA)

Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de parámetros de Calidad Organolépticas

	PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1.	Olor	……..	Aceptable
2.	Sabor	……..	Aceptable
		UCV ESCALA	
3.	Color	Pt/Co	15
4.	Turbiedad	UNT	5
5.	Ph	Valor de pH	6,5 a 8,5
6.	Conductividad (25° c)	µmho/cm	1 500
7.	Solidos totales disueltos	mg/L	1 000
8.	Cloruros	mg/L Cl^-	250
9.	Sulfatos	mg/L $SO4^=$	250
10.	Dureza total	mg/L Ca CO_3	500
11.	Amoniaco	mg/L N	1,5
12.	Hierro	mg/L Fe	0,3
13.	Manganeso	mg/L Mn	0,4
14.	Aluminio	mg/L Al	0,2
15.	Cobre	mg/L Cu	2,0
16.	Zinc	mg/L Zn	3,0
17.	Sodio	mg/L Na	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT= Unidad nefelometría de turbiedad

Fuente: (D.S. 031 - 2010 - SA, 2011)

Tabla 3. Límites Máximos Permisibles de parámetros Químicos inorgánicos y orgánicos

	PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1.	Antimonio	mg/L de Sb	0,020
2.	Arsénico (nota 1)	mg/L de As	0,010
3.	Bario	mg/L de Ba	0,700
4.	Boro	mg/L de B	1500
5.	Cadmio	mg/L de B	1500
6.	Cianuro	mg/L de CN-	0,070

7.	Cloro (nota2)	mg/L	5
8.	Clorito	mg/L	0,7
9.	Clorato	mg/L	0,7
10.	Cromo total	mg/L de Cr	0,050
11.	Flúor	mg/L de P	1000
12.	Mercurio	mg/L de Hg	0,001
13.	Níquel	mg/L de Ni	0,020
14.	Nitratos	mg/L de NO-3	50,00
15.	Nitritos	mg/L de NO-2	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16.	Plomo	mg/L de Pb	0,010
17.	Selenio	mg/L de Se	0,010
18.	Molibdeno	mg/L de Mo	0,07
19.	Uranio	mg/L de U	0,015

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los planes de adecuación sanitaria para lograr el limite máximo permisible para el arsénico 0,010 mg/L. Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mg/L.

Fuente: (D.S. 031 - 2010 - SA, 2011)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Absorbancia.** Es el desperdicio del proceso de aserrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. este material, que en principio es un residuo o desecho de las labores de corte de la madera, estos residuos forestales son altamente contaminantes para el Medio ambiente.
- **Adsorción:** Es un fenómeno fisicoquímico de gran importancia, debido a sus aplicaciones múltiples en la industria química y en el laboratorio. Durante la adsorción de un gas o de un soluto en disolución, sus partículas se acumulan sobre la superficie de otro material. La sustancia que se adsorbe se denomina adsorbato y el material sobre el que lo hace es el adsorbente (Tubert y Talanquer, 1997).
- **Agua subterránea:** Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos. La fuente de aporte principal es el agua de lluvia, mediante el proceso de infiltración. Otras fuentes de alimentación

localizada pueden ser los ríos, arroyos, lagos y lagunas. El agua subterránea se sitúa por debajo del nivel freático y está saturando completamente los poros y/o fi suras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes o manantiales o cauces fluviales (Collazo y Montaño, 2012).

- **Espectrofotometría:** Se denomina espectrofotometría a la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación, y a las mediciones a una determinada longitud de onda (Brunatti y Martín, 2010).
- **Hierro total**: Es el elemento del grupo VIII de la tabla periódica y tiene como número atómico el 26 y su peso atómico es 55,85. Sus óxidos son abundantes en la naturaleza en forma de minerales y forma parte constituyente de las arcillas y limos. Sus formas oxidadas son insolubles en agua y sus formas reducidas son solubles. Toma el nombre de hierro total, porque comprende el mineral que está presente tanto en suspensión como en solución en una muestra de agua (Pérez, 2010).
- **Metales pesados:** aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g cm-3 cuando están en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01% (Navarro-Aviñó et al. (2007).
- **Proceso de adsorción:** La adsorción es un proceso de transferencia de masa donde una sustancia es transportada desde la fase líquida a la superficie de un sólido y queda retenida por fuerzas físicas o químicas. El mecanismo de adsorción depende del carácter del vínculo entre la molécula a adsorber y la superficie sólida, lo que resulta en la formación de un complejo de superficie identificable (Rodríguez, 2018).

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación geográfica

La ejecución del proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicada en el distrito de Calleria, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, donde se realizó el trabajo experimental en laboratorio, para lo cual se usó las instalaciones del Laboratorio: Química de la Madera perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales después se tomaron muestras del agua de uso doméstico, procedente del pozo subterráneo seleccionado.

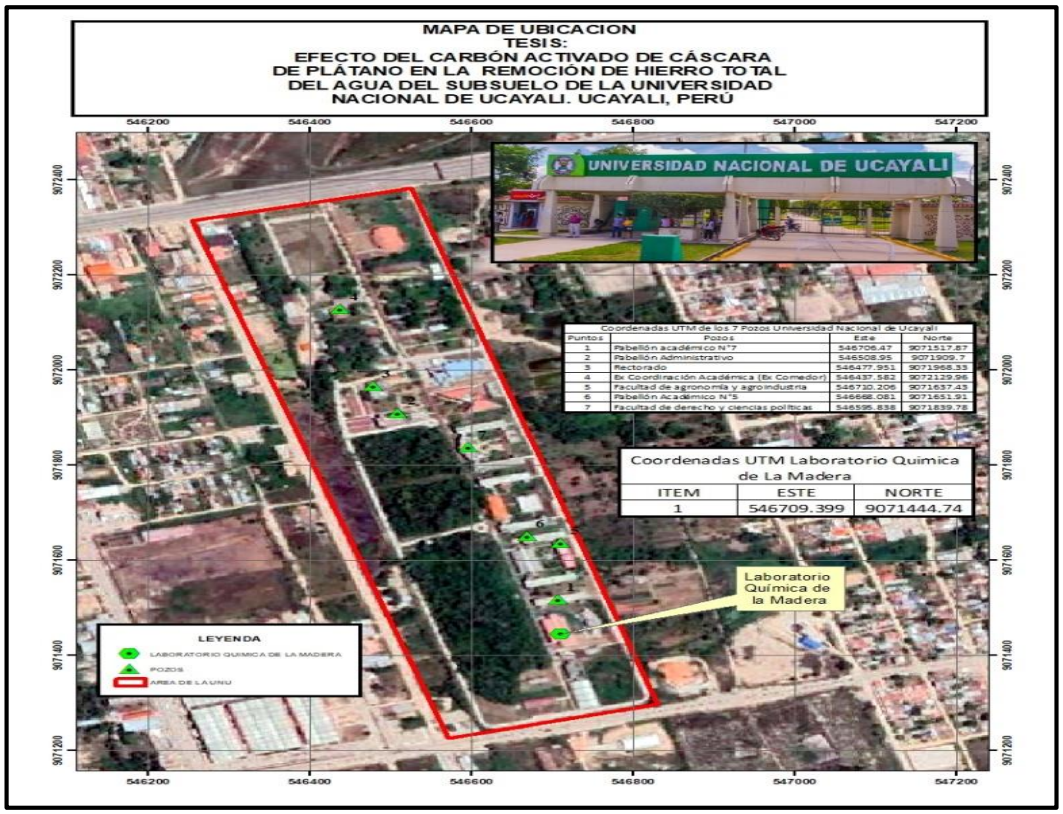


Figura 1. Imagen satelital de ubicación de la ejecución de la investigación

Fuente: Google Maps

3.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación a realizar es la aplicada y el nivel de investigación explicativo.

El diseño de la investigación obedece a una pre experimental “Antes – Después” (de un grupo), siendo su diagrama el siguiente:

Tabla 4. Diseño Experimental

	Antes	Intervención	Después
	O_1	X	O_2
M **= muestras de agua con hierro**	Observación 1 = Medición de hierro en las muestras de agua	Aplicación de carbón activado de cáscara de plátano	Observación 2 = Medición de la cantidad de hierro en las muestras de agua

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

La población estuvo conformada por 24 pozos, los cuales abastecen de agua a las diferentes áreas de la Universidad Nacional de Ucayali.

En cuanto a las cáscaras de plátano, estuvo constituida por 5 kilogramos de cáscaras frescas, procedentes del Jr. Libertad en el puesto de venta ambulatoria de comida de chicharrones, las cuales luego del proceso de secado solar, se reducirán a 2 kilogramos.

3.3.2 Muestra

Por tratarse de una población finita, es decir 24 pozos, se utilizó la fórmula indicada por (Vallejo, P. M., 2012) para calcular el número de pozos a muestrear:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2 . (N-1)}{z^2 . pq}}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra que deseamos conocer,

N = tamaño conocido de la población, 24 pozos

e = porcentaje de error asumido (10%),

z = 1,96 (Asumiendo un nivel de confianza del 95%),

p = probabilidad de éxito (0,95),

q = probabilidad de fracaso (0,05)

Reemplazando los valores, se obtiene:

$$n = \frac{24}{1 + \frac{0{,}1^2 \,.\, (24-1)}{1{,}96^2 \,.\, 0{,}95 \; x \; 0{,}05}} = 10{,}617$$

Cuando la población es pequeña, y se considera que la muestra obtenida mediante esta última fórmula es todavía grande, se debe aplicar la siguiente fórmula correctora (Mateu, E., & Casal, J., 2003):

$$n_c = \frac{1}{\frac{1}{n} + \frac{1}{N}}$$

Donde:

nc = Tamaño de la muestra necesario

n= Tamaño de la muestra según la primera de las fórmulas

N= Tamaño de la población

Reemplazando valores, obtenemos:

$$n_c = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{24}} = 7{,}361 = 7$$

Es decir que se consideró 7 pozos, de los cuales se tomaron 10 litros, para luego medir 0,05 litros para determinar su contenido de hierro, y aquel que muestre mayor problema de este metal, fue sometido a una medición de análisis físico, químico y microbiológico con el fin de obtener confiabilidad y sustentabilidad estadística, después la muestra fue sometida a los ensayos con el carbón activado.

En cuanto a las cáscaras secas de plátano, se tomaron 1 kg de las mismas, las cuales luego del proceso de Pirólisis, se reducirán a 0,35 a 0,40 kg de carbón activado, de los cuales se tomarán como muestra 100 gramos.

3.4 INSTRUMENTOS MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3.4.1 Materiales

a) Materiales de estudio

- Cascara de plátano

b) Materiales de laboratorio

- Crisoles de porcelana con tapa
- Cronometro
- Espátulas
- Buretas
- Embudos
- Pipetas
- Vaso precipitado
- Matraces de Erlenmeyer
- Papel filtro

- Termómetro
- Mortero
- Recipiente de aluminio
- Bolsas Ziploc
- Guantes aislantes

3.4.2 Equipos

a) Equipos para la elaboración del carbón activado

- Mufla
- Estufa eléctrica
- Cocina eléctrica

b) Equipos de laboratorio

- Balanza analítica
- Destilador

3.4.3 Reactivos químicos

- Ácido fosfórico (H3PO4) al 85 %
- Agua destilada

3.4.4 Programa

- ArcGIS 10.5
- Google Earth Map source
- SPSS
- Microsoft Excel

3.5 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Etapa 01: Obtención del carbón activado de cascara de plátano

Elaboración del Carbón Activado de Cascara de Plátano

- **Obtención de las cascaras de plátano**

  La recolección de la materia Prima de cascara de plátano para el EFECTO DEL CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca variedad hartón**)*** PARA REMOCIÓN DE HIERRO TOTAL DEL AGUA DEL SUBSUELO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. UCAYALI, PERÚ, se realizó en el Jr.

Libertad en el puesto de venta ambulatoria de comida de chicharrones, la cual fue almacenada en una bolsa sellada.

- **Selección / clasificación**

  Se separaron las cascaras de plátano que presenten características o defectos.

- **Secado**

  Las cascaras seleccionadas, fueron sometidos a un secado solar por 5 días hasta la pérdida de peso y coloración oscura.

- **Picado**

  Se procedió a picar las cascaras de plátano en trozos de tamaño de 1 a 3 cm, se utilizaron tijeras.

- **Activación química**

  Los trozos fueron puestos al interior de un matraz conteniendo una solución de ácido fosfórico (H3PO4) al 85%, considerando una relación de 1 mL/g cáscara, con agitación por 3 horas a una temperatura de 120°C.

- **Secado**

  Las cáscaras impregnadas de ácido fosfórico, fueron llevadas a secar a una estufa a 80°C x 24 horas.

- **Carbonización**

  Luego se depositó en el reactor y se llevó a la mufla a 550°C por un tiempo de 1 hora, proceso en el cual se perderán las sustancias volátiles y se efectuará la pirólisis total de los sólidos.

- **Molido**

  Las partículas carbonizadas, se molieron con un molino manual, hasta un tamaño de partícula deseado.

- **Tamizado**

  Mediante tamices de tamaño seleccionado, se obtendrán mediante agitación suave, partículas de carbón activado de tamaño: 600; 425 y 300 µm.

- **Lavado**

  En un vaso precipitado se lavó con agua destilada, hasta desaparecer la coloración oscura a fin de evitar la interferencia en la lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro.

- **Filtrado**

  Con papel filtro en un embudo se utilizó a fin de separar el agua de las partículas lavadas del carbón limpio, para acelerar se usará una bomba de vacío.

- **Secado**

  Se procedió a remover el carbón y se puso a una temperatura de 150°C y un tiempo de 1 hora, para que las partículas de carbón húmedas procedan a secarse, utilizando una estufa.

- **Envasado**

  El carbón activado seco, fue envaso en bolsas Ziploc, los cuales tienen cierre hermético a fin de evitar que el producto adquiera nuevamente humedad.

- **Almacenamiento del carbón activado**

  El carbón envasado se llevó a almacenar en un ambiente adecuado, a condiciones normales (temperatura, presión y humedad ambiental) hasta su utilización.

A) Caracterización del Carbón Activado de Cascara de Plátano

a) Rendimiento de la materia Prima

Es las cantidades de carbón activado que se obtuvo del residuo de la cascara de plátano.

b) Granulometría del Carbón Activado de Cascara de Plátano

Después de haber obtenido el Carbón Activado de Cascara de Plátano se procedió a realizar las granulometrías: 600, 425 y 300 µm escogida para la remoción de hierro total de las aguas del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali.

c) Humedad del Carbón Activado de Cascara de plátano (%H) Método ASTM D-2216

Para la realización de la obtención de la Humedad se utilizó las instalaciones del laboratorio Química de la Madera donde se pesó la muestra en una balanza analítica dentro de una capsula de Crisol, para después llevarlo a la estufa a 105 °C en un tiempo de 2 horas, pasado el

tiempo se procedió al retiro para enfriarlo, para realizar el pesado y obtener el resultado. Se utilizó la fórmula para los cálculos correspondiente:

$$\%H = \frac{(\mathrm{WC} + \mathrm{mh}) - (WC + ms)}{(\mathrm{WC} + \mathrm{mh}\,) - WC}\ X\ 100$$

Donde:

WC : Peso del crisol

WC + mh : Peso del Crisol + Muestra húmeda

WC + ms : Peso del Crisol + Muestra seca 105 °C

Wmh : Peso de la Muestra Húmeda



Figura 2. Peso de la muestra húmeda y Crisol

d) Material Volátil del Carbón Activado de Cascara de Plátano (% MV) Método ASTMD – 3175 -2015

Debido a que el método es continuo se procedió en la instalación del laboratorio química de la madera, después de la realización de la humedad del carbón activado de cascara de plátano se pesó la muestra en el Crisol de porcelana, para luego llevarlo a la mufla con su respectiva tapa que es para impedir el ingreso de aire, a una temperatura de 900°C por 7 minutos, luego del proceso se procedió a enfriar y pesar la muestra obtenida. El cálculo obtenido se realizó con la siguiente formula:

$$\%MV = \frac{(\mathrm{WC} + \mathrm{MS}) - (WC + MMV)}{(\mathrm{WC} + \mathrm{MS}) - WC} X\ 100$$

Donde:

WC : Peso del crisol

WC+ MMV: Peso del Crisol + Muestra sin Material Volátil a 900°C por 7 min

WC + MS : Peso del Crisol + Muestra seca

WMS : Peso de la Muestra por dos horas



Figura 3. Muestra seca dentro de la mufla a 900°C por 7 minutos

e) Ceniza del Carbón Activado de Cascara de Plátano (%C) Método ASTMD-5142 – 2015

Para la realización de este proceso se hizo en las instalaciones del laboratorio química de la madera y como es continuo el proceso, la Ceniza se obtuvo a partir del material volátil, se llevó a una temperatura de 900 °C por 60 minutos, para después ser pesado. El cálculo obtenido se realizó con la siguiente formula:

$$\%C = \frac{(\mathrm{WC} + \mathrm{SMV}) - WC}{(\mathrm{WC} + \mathrm{MSV}) - WC} X\ 100$$

Donde:

WC : Peso del crisol

WC+SMV: Peso del Crisol +Muestra sin Material Volátil a 900°C por 60 min

WC + MSV: Peso del Crisol + Muestra de Solidos Volátiles

WMS : Peso de la Muestra con Material volátil



Figura 4. Muestra seca dentro de la mufla a 900°C por 60 minutos

f) Carbón Fijo del Carbón Activado de la Cascara de Plátano (%CF) Método ASTMD – 3172 – 2015

Este cálculo se obtiene de por la diferencia de 100 y la suma de los porcentajes de ceniza, material volátil, para poder estimar la energía que produce el carbón activado de cascara de plátano en la adsorción de algún contaminante. El cálculo obtenido se realizó con la siguiente formula:

$$\%CF = 100 - (\%\ \text{Ceniza} + \%\text{Material Volatil})$$

Donde:

% CF : Porcentaje de Carbón Fijo

% C : Porcentaje de Ceniza

% MV : Porcentaje de Material Volátil

g) Poder Calorífico del Carbón Activado de la Cascara de Plátano (PC: Kcal/Kg) Método ASTMD – 5865 – 2015

La determinación del poder calorífico se realizó conociendo el porcentaje de Contenido Calorifico, Cenizas y carbono fijo. Para tal efecto se calculó de acuerdo a la fórmula:

$$PC(\frac{\text{kcal}}{\text{Kg}}) = (\text{Factor ASTM CF x \% CF}) + (\text{Factor ASTM C x \% C})$$

Etapa 02 Selección del pozo con mayor concentración de hierro para la realización del análisis físico, químico y microbiológico

a) Ubicación de las fuentes de agua subterránea

Se tomó como recomendación hecha por la Organización Meteorológica Mundial (1994); que para determinar la calidad de agua se recomienda realizar un inventario de pozos, manantiales, ríos y todas las fuentes que tenga interacción con acuífero en estudio. De tal manera se realizó un inventario de pozos que se encuentran en la Universidad Nacional de Ucayali se inventario un total de 24 pozos, donde se seleccionó 7 pozos para determinar cuál de ellas tiene mayor cantidad de hierro.

Tabla 5. Ubicación de los POZOS seleccionados

Lugar	Coordenadas UTM	
	(X)	(Y)
Pabellón académico N°7	546706,4701	9071517,869
Pabellón Administrativo	546508,95	9071909,7
Rectorado	546477,9509	9071968,327
Ex Coordinación Académica (Ex Comedor)	546437,5816	9072129,958
Facultad de agronomía y agroindustria	546710,206	9071637,433
Pabellón Académico N°5	546668,0808	9071651,907
Facultad de derecho y ciencias políticas	546595,8384	9071839,784

b) Puntos de Muestreo

Para el Análisis físico, químico y microbiológico se tomaron los puntos de muestreo fijos que están conformados por grifos o caños instalados en puntos determinados de la red primaria, lo cual se recolecto de la siguiente manera:

- Limpieza del Grifo
- Apertura del Grifo y dejar correr el agua en forma moderada durante 2 a 3 minutos.
- Toma de muestra en frascos estériles.
- Codificación de las muestras
- Traslado de muestra

c) Lugar de análisis de muestras

El análisis de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos se efectuó en las instalaciones de la Empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado de Coronel Portillo (EMAPACOP S.A.), en su laboratorio con los equipos idóneos para la realización de dicho análisis.

Etapa 03 Diseño Experimental Tratamiento de agua con el carbón activado de cascara de plátano

a) **Empleo del diseño experimental, tratamiento del agua con el carbón activado de cascara de plátano**.

Se empleó un diseño experimental estacionario con vasos precipitados de 1000 ml donde se ordenó de acuerdo a los tratamientos de granulometría y peso del carbón activado de cascara de plátano. Con una probeta se tomó 1 litro de la muestra de agua del Ex comedor de la UNU del pozo (Ex coordinación académica) se agregó en cada vaso precipitado, se pesaron 1g, 2g, 3g, de carbón activado de cascara de plátano en 3 tratamientos con 9 repeticiones, donde el primero tratamiento fue con granulometría de 600 µm y pesos de 1g, 2g, 3g, de carbón activado durante 2 horas, el segundo fue con granulometría de 425 µm y pesos de 1g, 2g, 3g, de carbón activado durante 2 horas, el tercer tratamiento fue con

granulometría de 300 µm y pesos de 1g, 2g, 3g, de carbón activado durante 2 horas, haciendo un total de 27 unidades experimentales.

Tabla 6. Diseño Experimental tratamiento de agua con carbón activado de cascara de plátano

Repet	Granulometría del carbón activado (□m)								
	600			425			300		
	Cantidad de carbón activado (g)								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1									
2									
3									

b) Filtración del agua

Después de los tratamientos y repeticiones se procedió a realizar el filtrado de cada muestra para que al analizar los parámetros sean los correctos.

Etapa 04 Determinación de los resultados por porcentaje de Remoción de hierro (Fe)

Se analizó los resultados iniciales realizados, y las muestras con cada tratamiento, donde se manifestó un porcentaje de reducción para el parámetro seleccionado hierro (Fe). Cabe mencionar se utilizó la siguiente formula:

$$\%Remocion = \frac{\mathrm{RIh} - RFh}{RIh} X\ 100$$

Donde:

% Remoción: Porcentaje de Remoción

RIh: Resultado Inicial de hierro

RFh: Resultado final de hierro

3.6 Tratamiento de datos

- Los tratamientos de datos fueron realizados utilizando los programas informáticos Minitab 19 y los gráficos descriptivos en el programa Excel 2019.
- Etapa de Laboratorio

  Se elaboró el carbón activado de cascara de plátano para el tratamiento de agua del pozo con mayor cantidad de hierro, para su análisis en el laboratorio Emapacop S.A.
- Análisis de datos

  Los resultados se analizaron estadísticamente de acuerdo a los siguientes parámetros:

  ANOVA: Se analizó la variación de una respuesta en dos o más conjuntos de datos, cuyo objetivo será identificar variables independientes importantes del estudio y determinar cómo interactúan y afectan la respuesta, y así determinar la existencia de diferencia significativa entre tratamientos.

  TUKEY: A fin de determinar la magnitud de las diferencias entre tratamientos, se desarrolló esta prueba, analizando al 5% de probabilidad, de acuerdo a los grados de libertad (GL) del error.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Etapa 01: Obtención del carbón activado de cascara de plátano

A) Caracterización del carbón activado de cascara de plátano

a) Rendimiento de la materia prima

Tabla 7. Resultado del Rendimiento de la materia prima

Fecha de recolección	Cantidad	
	Residuo de cascara de plátano (kg)	Carbón activado (kg)
22/10/2021	5	0.304225

Se puede apreciar en la tabla 7, que de un residuo de 5 kg de cascara de plátano se obtiene un rendimiento de 0,304225 kg de carbón activado de cascara de plátano.

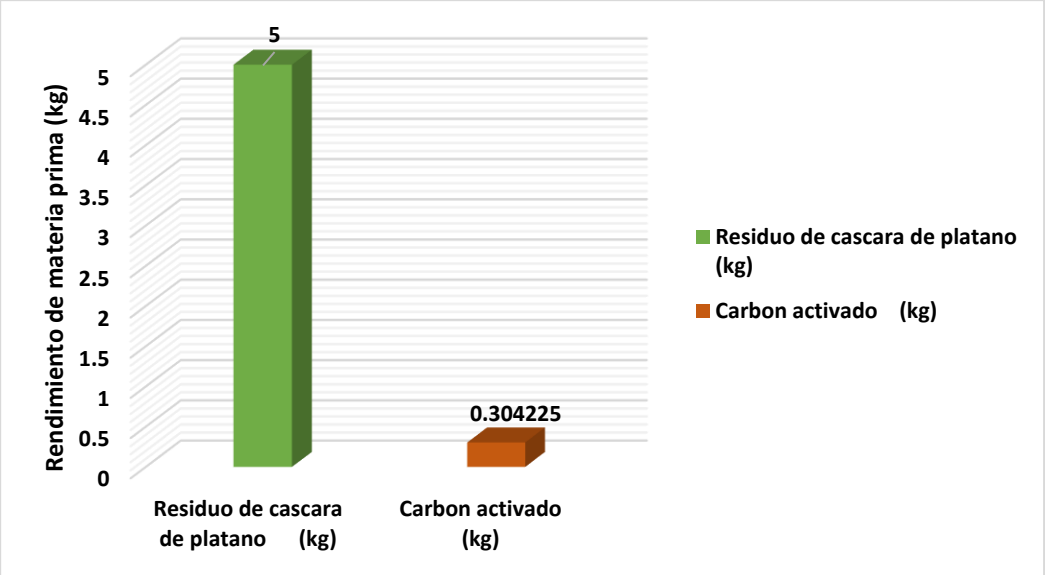


Figura 5. Rendimiento de la materia prima

El carbón activado de cascara de plata tiene un rendimiento de 0.304225 kg de residuos de cascara de plátano de 5 kg como se puede apreciar

b) Granulometría

Tabla 8. Resultado del Granulometría

Carbón Activado (Kg)	Granulometría (µm)		
0.304225	600	425	300

Se puede apreciar en la tabla 8, las tres granulometrías utilizadas para la investigación que son 600, 425, 300 µm.

c) Humedad (H%) (Método ASTM D – 2216)

Tabla 9. Resultado de Humedad

WC (g)	WC + mh (g)	WC + ms (g)	Wmh (g)	Humedad (%)
25.31	26.94	26.67	1.63	16.5

Como se puede apreciar en la tabla 9, la humedad del carbón activado de cascara de plátano es de 16.5 %.

d) Material Volátil (%MV) (Método ASTMD – 2015)

Tabla 10. Resultado de Material Volátil

WC (g)	WC +MS (g)	WC + MMV 900°C x 7minutos (g)	WMS (g)	Material Volátil (%)
25.31	26.67	0.89	1.36	34.55

Como se puede apreciar en la tabla 10, el Material Volátil del carbón activado de cascara de plátano es de 34.55 %.

e) Cenizas (%C) (Método ASTM D – 5142 – 2015)

Tabla 11. Resultado de Cenizas

WC (g)	WC +MSV (g)	WC + SMV 900°C x 1 hora (g)	WMS (g)	Cenizas (%)
25.31	26.04	0.73	1.36	53.67

Como se puede apreciar en la tabla 11, la Cenizas del carbón activado de cascara de plátano es de 53.67 %.

f) Carbón Fijo (% CF) (Método ASTM D – 3172 – 2015)

Tabla 12. Resultado de Carbono Fijo

Base ASTM	Ceniza (%)	Material Volátil (%)	Carbono Fijo (%)
100	53.67	34.55	11.78

Como se puede apreciar en la tabla 12, el Carbono Fijo del carbón activado de cascara de plátano es de 11.78 %.

g) Poder Calorífico (PC: Kcal/Kg) (Método ASTM D – 5865 -2015)

Tabla 13. Resultado del Poder Calorífico

ASTM para CF y C	Ceniza (%)	Carbono Fijo (%)	Poder Calorífico (%)
(82) - (120)	53.67	11.78	7,406.36

Como se puede apreciar en la tabla 13, el Poder Calorífico del carbón activado de cascara de plátano es de 7,406.36 %.

Tabla 14. Resumen de los resultados de la Caracterización del carbón Activado

Granulometría (µm)	Humedad (%)	Material Volátil (%)	Cenizas (%)	Carbono Fijo (%)	Poder Calorífico (Kcal/Kg)
600, 425, 300	16.5	34.55	53.67	11.78	7,406.36

Se observa en la tabla 14, la caracterización del carbón activado muestra una granulometría de 600, 425, 300 µm, porcentaje de cenizas alto, contenido de materia volátil alto, Carbono Fijo un porcentaje adecuado lo que hace referencia a un buen carbón activo.

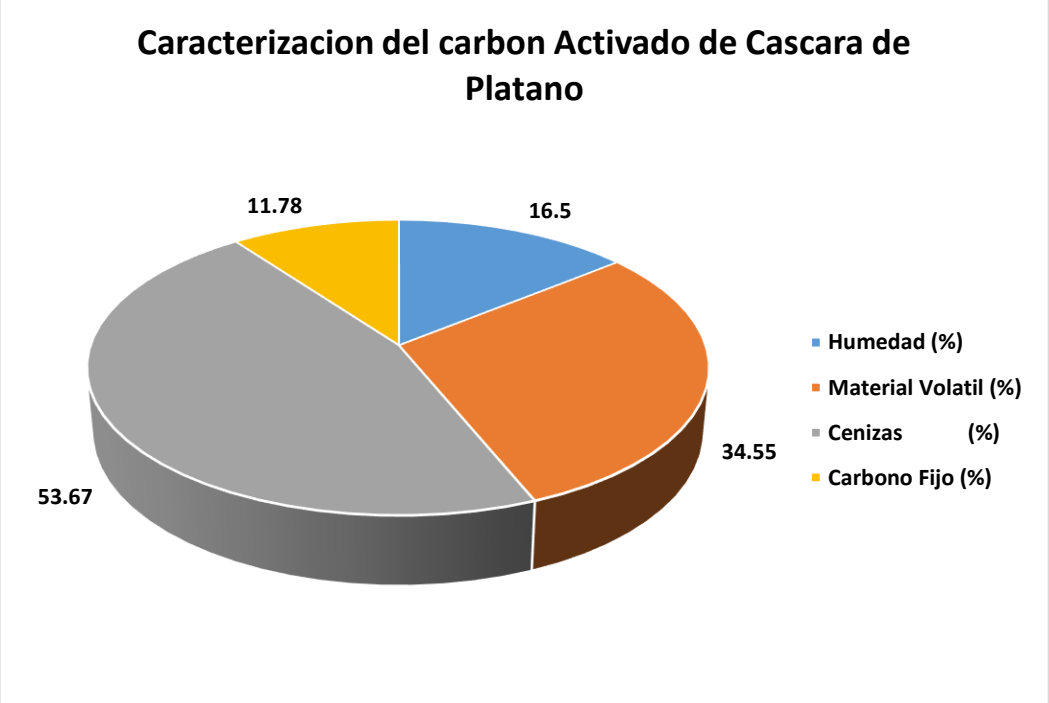


Figura 6. Resultados de las Características del Carbón Activado

4.1.2. Etapa 02 Selección de pozo con mayor concentración de hierro

4.1.2.1. Resultado de los análisis de hierro de los 7 Pozos seleccionados de la Universidad Nacional de Ucayali.

Tabla 15. Resultados del análisis de Hierro para los 7 Pozos

ANALISIS DE HIERRO DE LOS 7 POZOS SELECCIONADOS			
LUGAR	UNIDAD DE MEDIDA	L.M.P	RESULTADOS
Pabellón académico N°7	mg/L	0.3	0.261
Pabellón Administrativo	mg/L	0.3	0.102
Rectorado	mg/L	0.3	0.289
Ex comedor (Ex Coordinación Académica)	mg/L	0.3	1.1
Facultad de agronomía y agroindustria	mg/L	0.3	0.269
Pabellón Académico N°5	mg/L	0.3	0.134
Facultad de derecho y ciencias políticas	mg/L	0.3	0.011

Nota: Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031 - 2010 - SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Como se puede apreciar en la tabla 15, la mayor concentración de hierro se encuentra en el lugar Ex comedor del pozo (Ex Coordinación Académica).

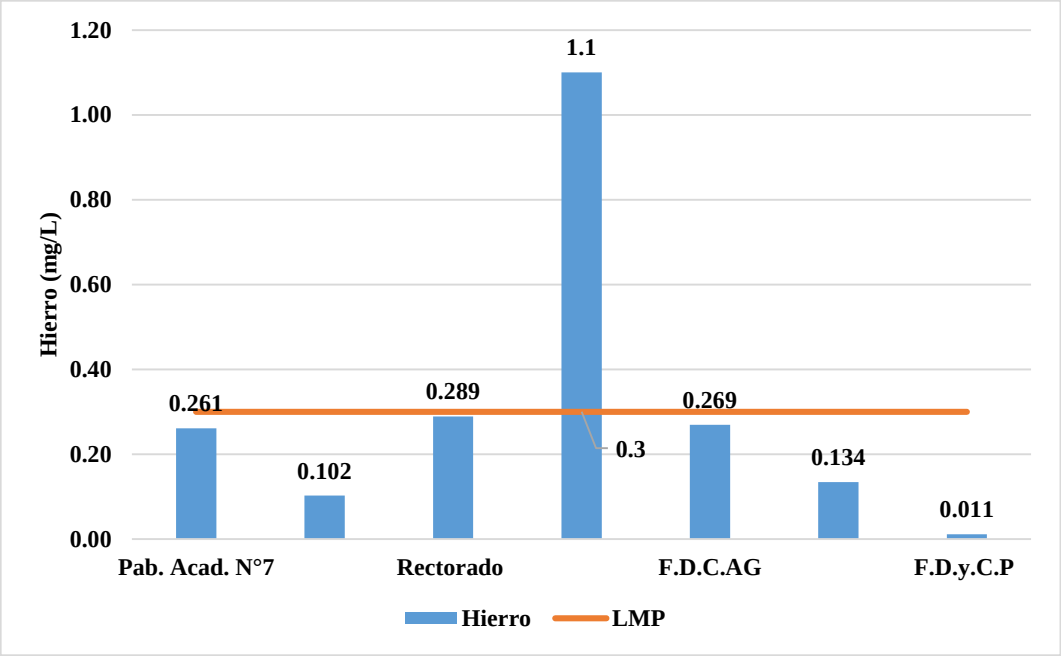


Figura 7. Resultados del Análisis de hierro de los 7 Pozos

4.1.2.2. Resultado del análisis inicial Físico, Químico y microbiológico del ex comedor del pozo de Ex Coordinación Académica.

En la presente investigación se da a conocer los resultados del análisis Físico, químico y microbiológico inicial de la muestra para poder comparar con los tratamientos realizados con el carbón activado de cascara de plátano.

A) Determinación Física

Tabla 16. Resultados de la Determinación Física

DETERMINACION FISISCA			
PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDAD DE MEDIDA	L.M.P	RESULTADO
Oxígeno Disuelto	mg/L	6	6.43
Turbiedad	UNT	5	0.59
Color Verdadero	UCV-Pt/Co	15	15

Temperatura	°C		25.1
Olor		ACEPTABLE	NO ACEPTABLE
Sabor		ACEPTABLE	NO ACEPTABLE
conductibilidad	µS/cm	1500	86
Solidos disueltos totales	mg/L	1000	41
pH		6.50 - 8.50	6.19
Salinidad	Ppt	0.9	0.04

- **Oxígeno Disuelto**

  En la figura 8 nos muestra el Oxígeno Disuelto existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

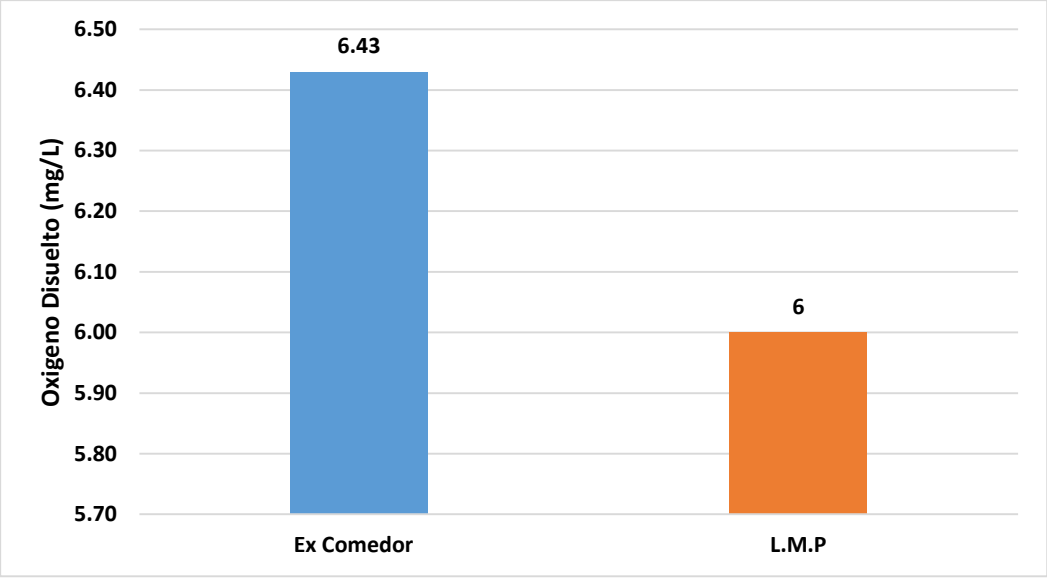


Figura 8. Resultados del Análisis de Oxígeno Disuelto

- **Turbiedad**

  En la figura 9 nos muestra el Turbiedad existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

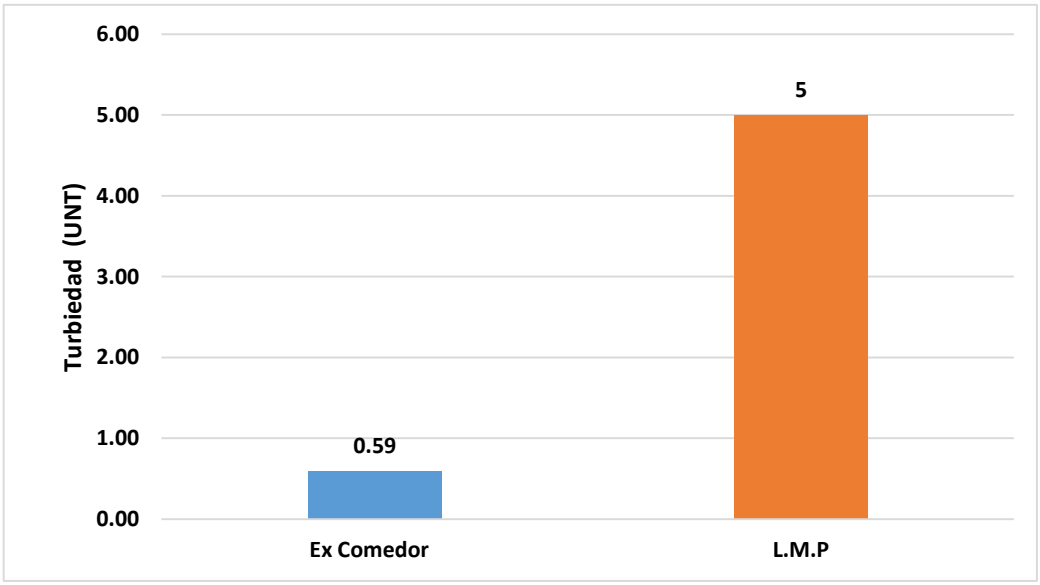


Figura 9. Resultados del Análisis de Turbiedad

- **Color Verdadero**

  En la figura 10 nos muestra el Color Verdadero existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

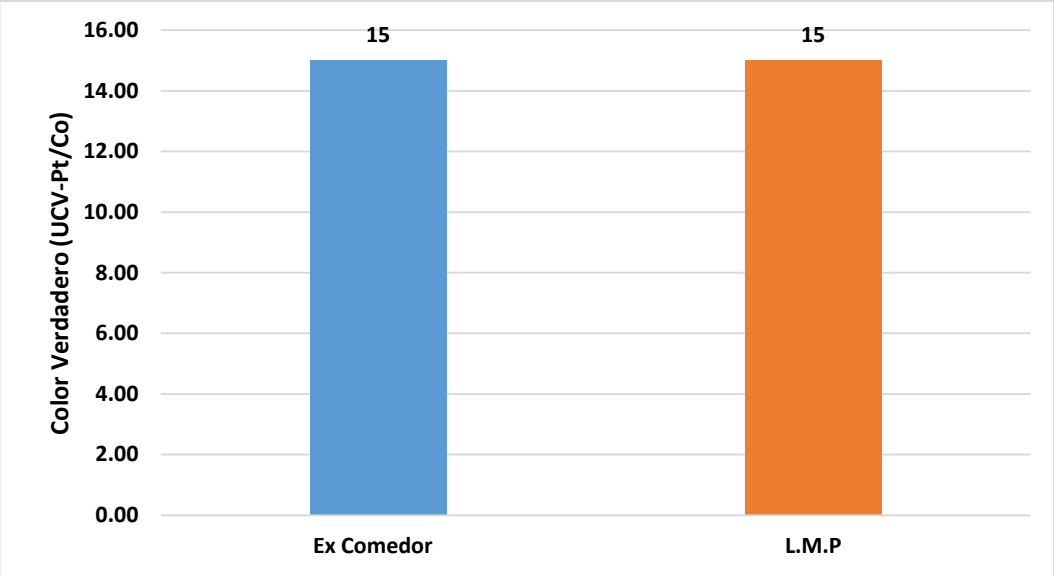


Figura 10. Resultados del Análisis de Color Verdadero

- **Conductibilidad**

  En la figura 11 nos muestra la conductibilidad existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

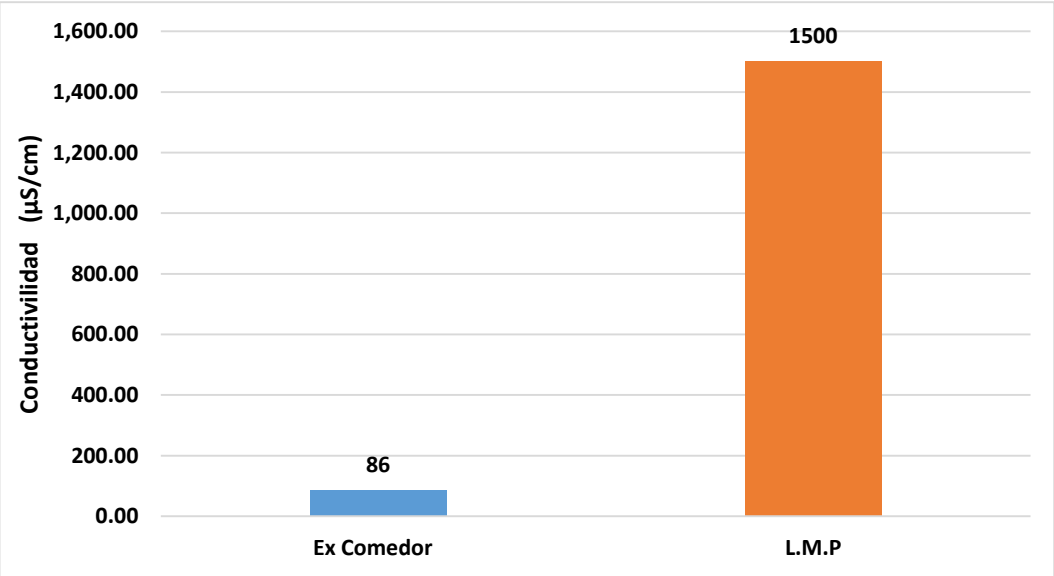


Figura 11. Resultados del Análisis de Conductibilidad

- **Solidos Disueltos Totales**

  En la figura 12 nos muestra la conductibilidad existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

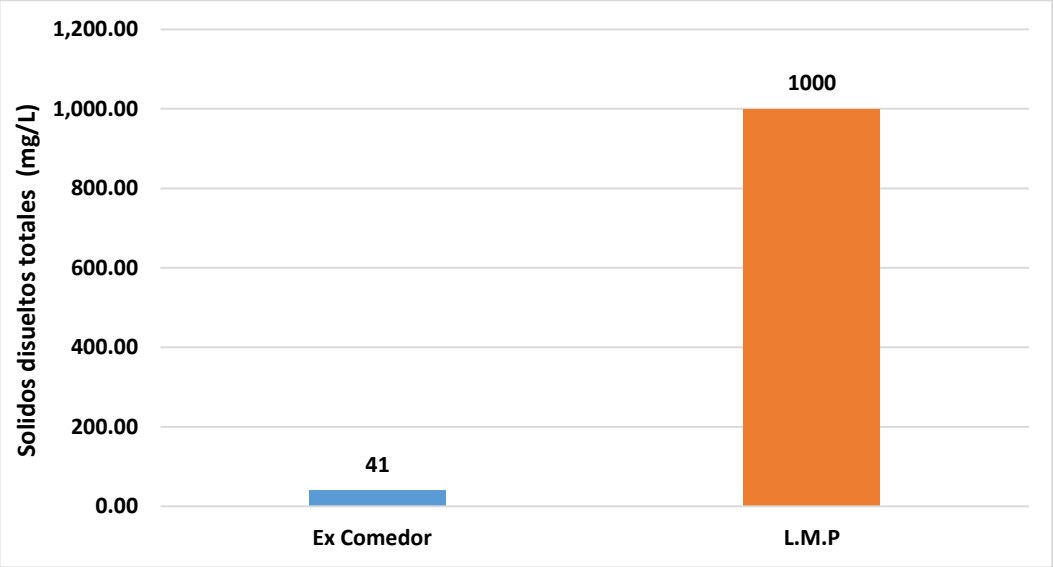


Figura 12. Resultados del Análisis Solidos Disuelto Totales

- **pH**

  En la figura 13 nos muestra el Ph existente en el agua del Ex Comedor, indica que está fuera del rango de 6.5 a 8.5 de los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

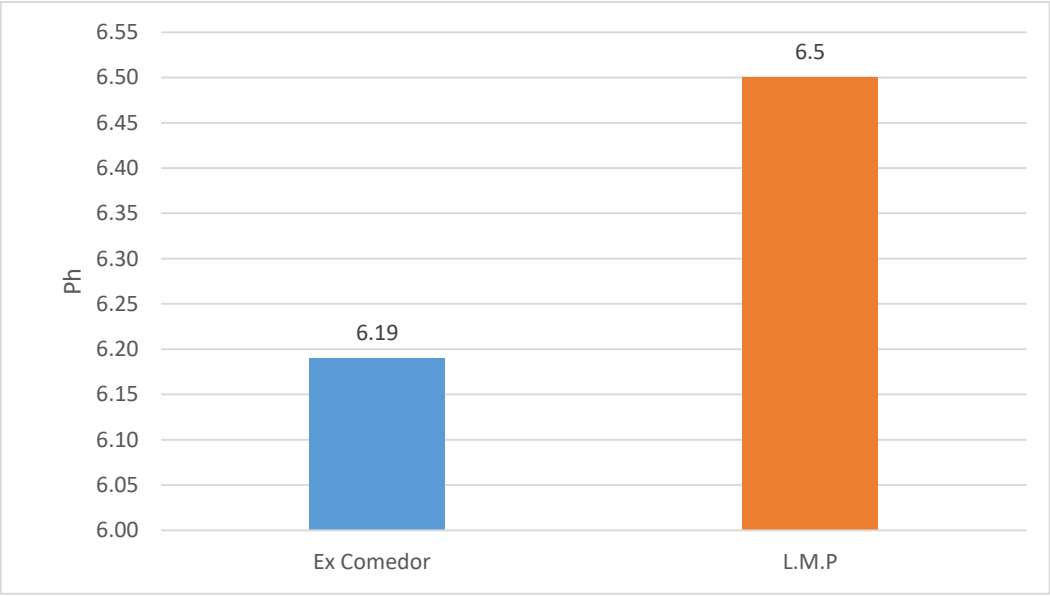


Figura 13. Resultados del Análisis Ph

- **Salinidad**

  En la figura 14 nos muestra que la Salinidad existente en el agua del Ex Comedor, indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

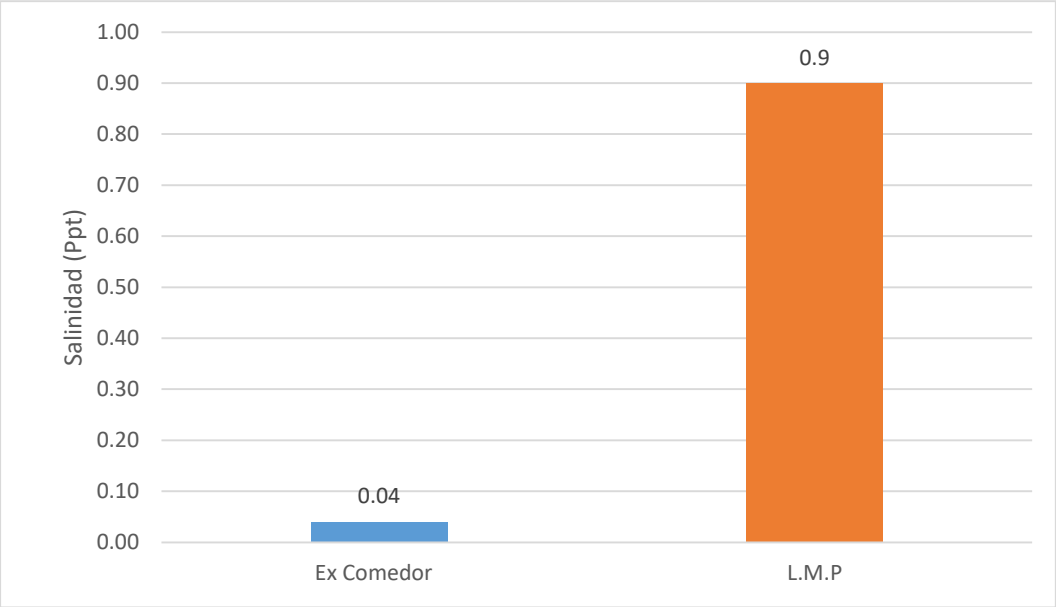


Figura 14. Resultados del Análisis Ph

B) Determinación Química

Tabla 17. Resultados de la Determinación Química

DETERMINACION QUIMICA	UNIDAD DE MEDIDA	L.M.P	Ex Comedor
Alcalinidad	mg/L	300	56
Dureza	mg/L	500	140
Cloro Residual	mg/L	0.5	0
Nitrato	mg/L	50	0
Nitrito	mg/L	3	0.004
Cloruros	mg/L	250	10
Sulfatos	mg/L	250	1
Calcio	mg/L	150	26
Amonio	mg/L	1.5	0.34
METALES			
Aluminio	mg/L	0.2	0.0013
Hierro	mg/L	0.3	1.1

Arsénico	mg/L	0.01	0.01
Manganeso	mg/L	0.4	0.37
Zinc	mg/L	3	0.003
Sodio	mg/L	200	10.1
Cobre	mg/L	2	0.002

- **Alcalinidad**

  En la figura 15 nos muestra la alcalinidad existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

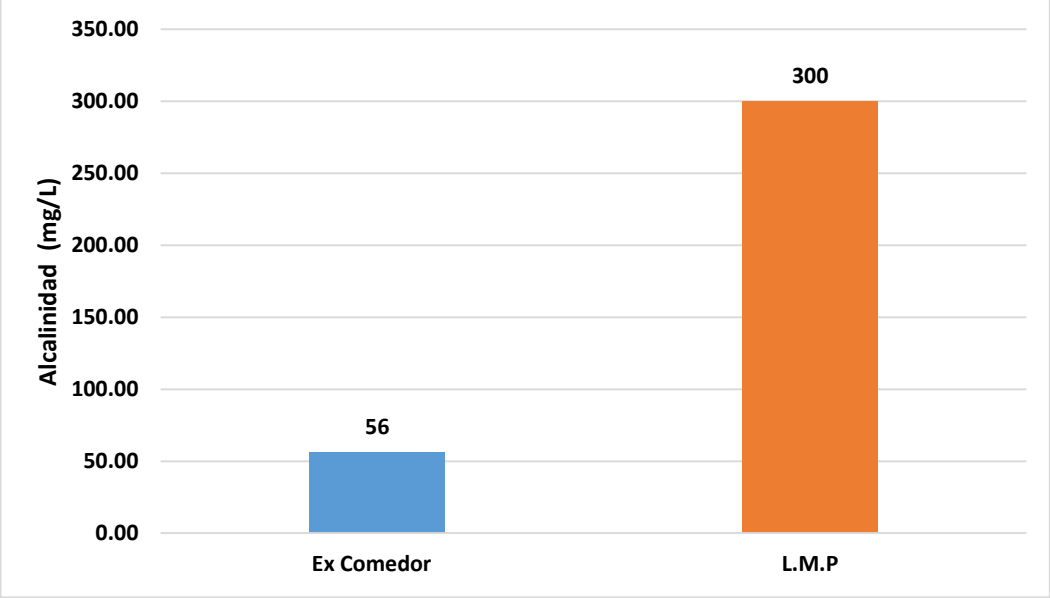


Figura 15. Resultados del Alcalinidad

- **Dureza**

  En la figura 16 nos muestra la Dureza existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

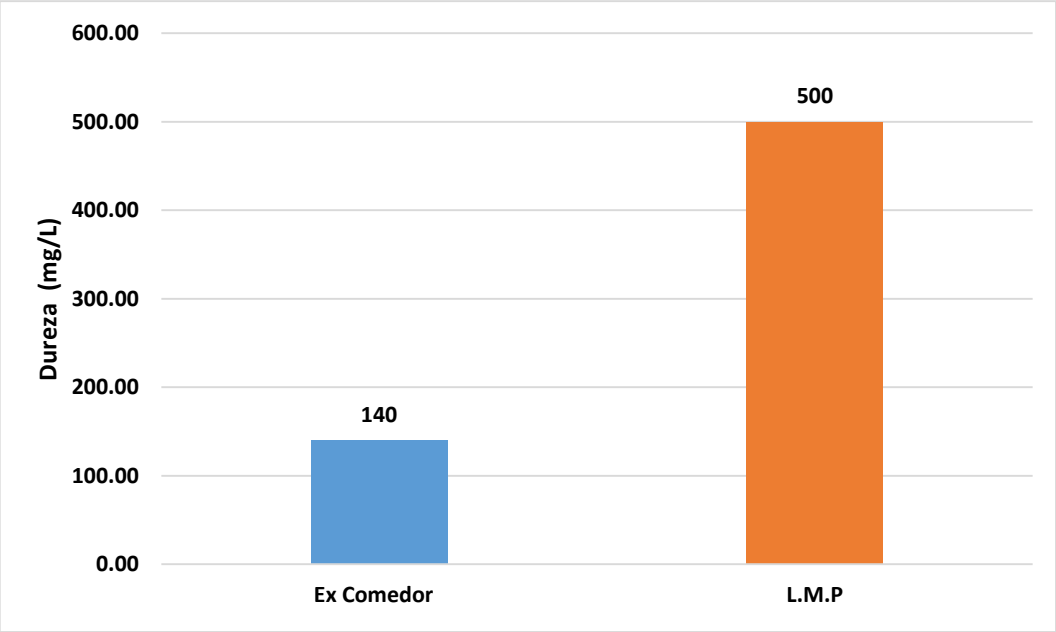


Figura 16. Resultados de la Dureza

- **Cloro Residual**

  En la figura 17 nos muestra el Cloro Residual existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que debe ser mayor a 0.5 mg/L de acuerdo a lo establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

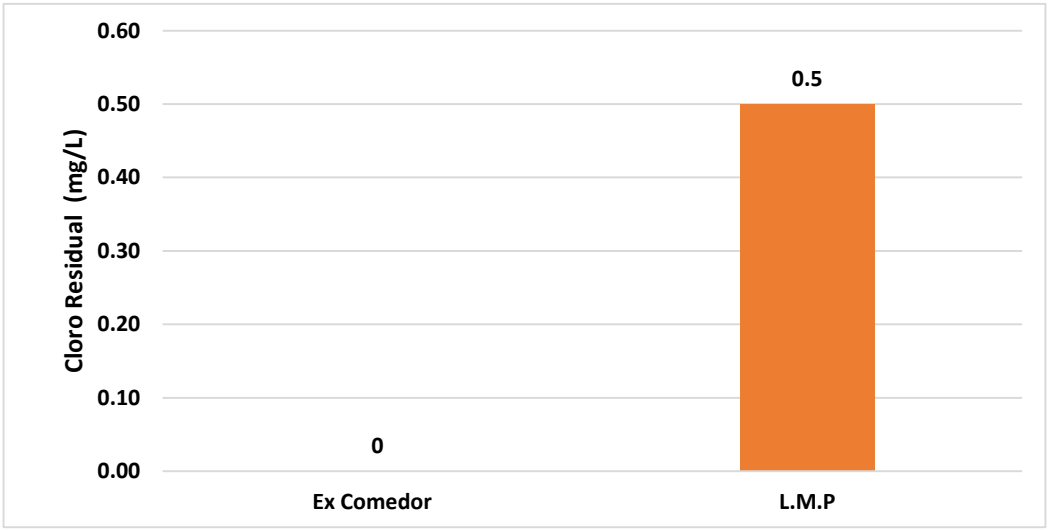


Figura 17. Resultados de Cloro Residual

- **Nitrato**

  En la figura 18 nos muestra el Nitrato existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

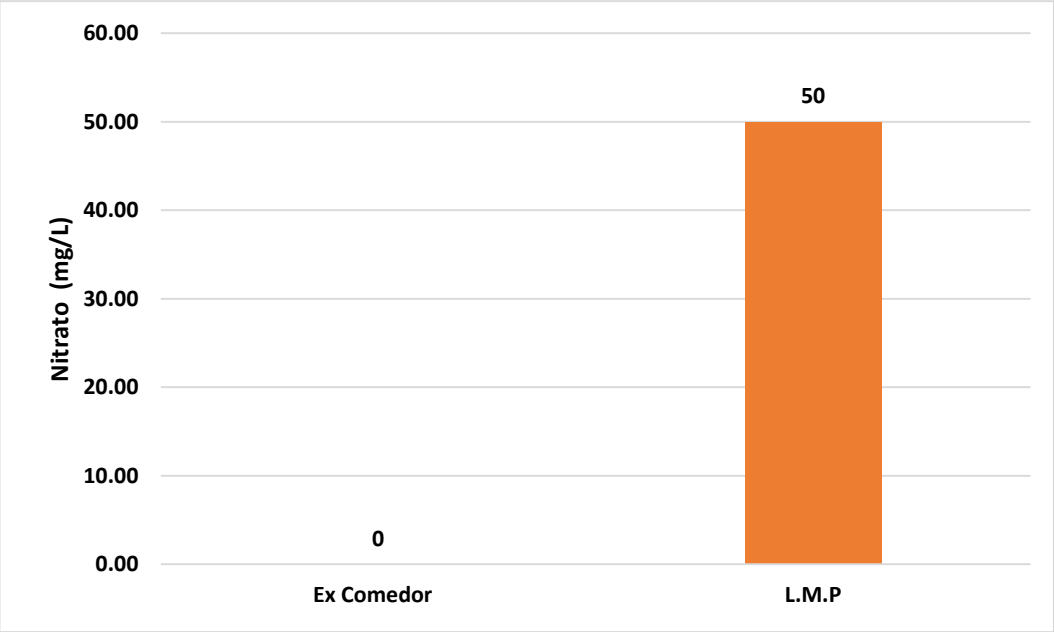


Figura 18. Resultados de Nitrato

- **Nitrito**

  En la figura 19 nos muestra el Nitrito existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

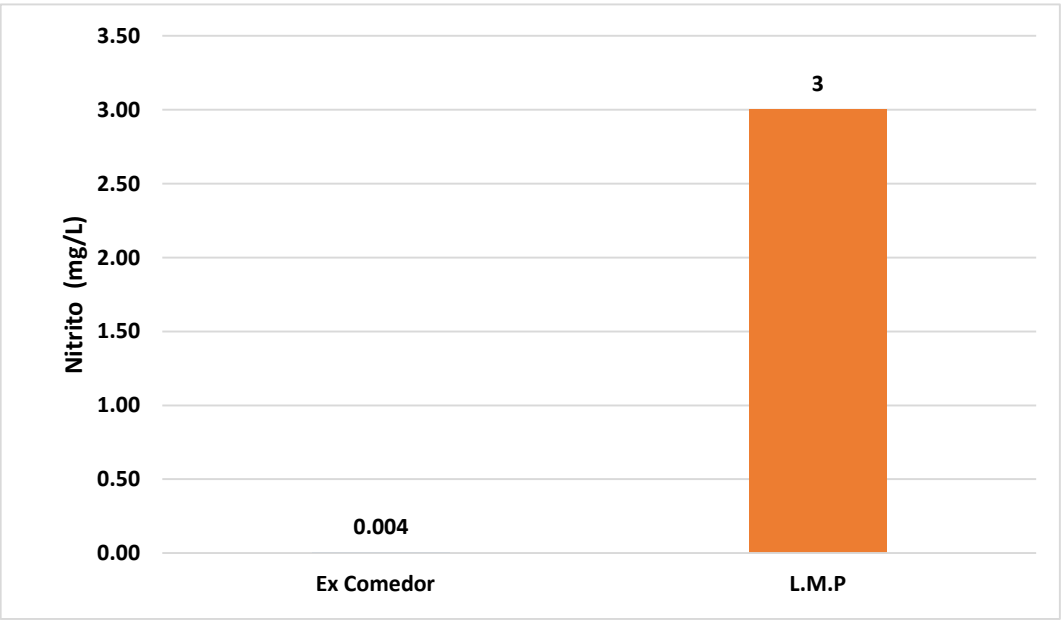


Figura 19. Resultados de Nitrito

- **Cloruros**

  En la figura 20 nos muestra los Cloruros existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

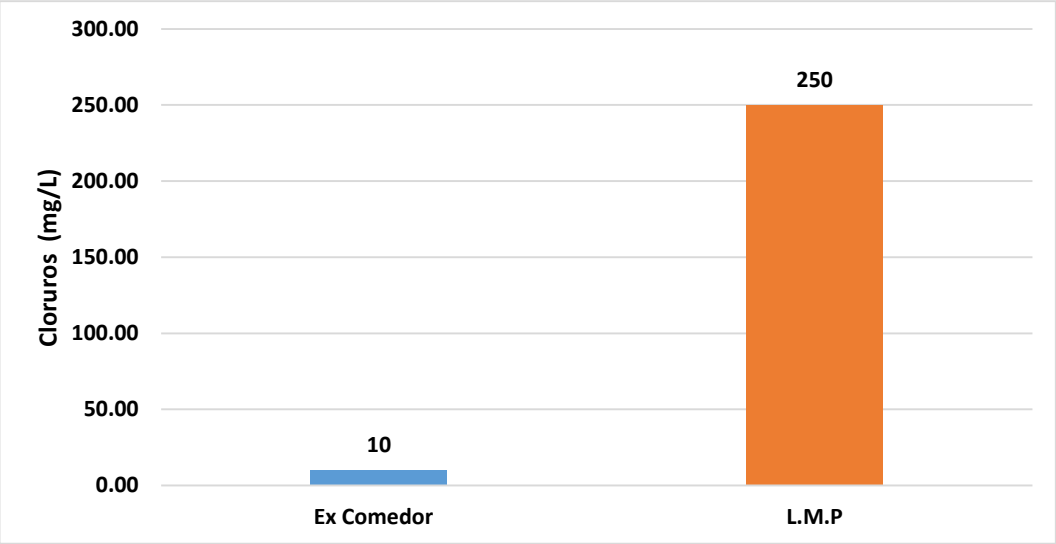


Figura 20. Resultados de Nitrito

- **Sulfatos**

  En la figura 21 nos muestra los Sulfatos existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

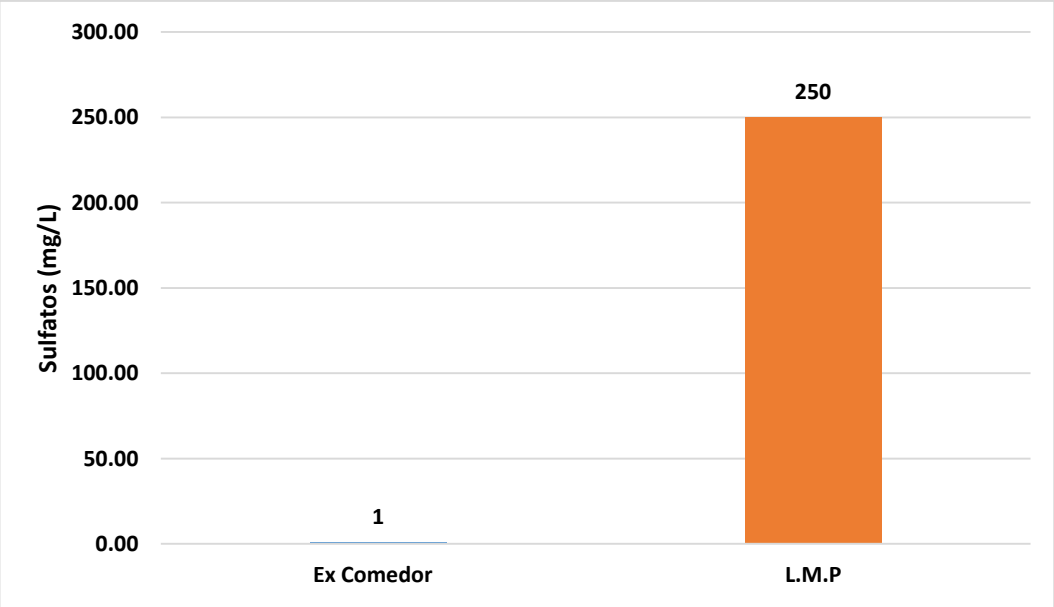


Figura 21. Resultados de Sulfatos

- **Calcio**

  En la figura 22 nos muestra el Calcio existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

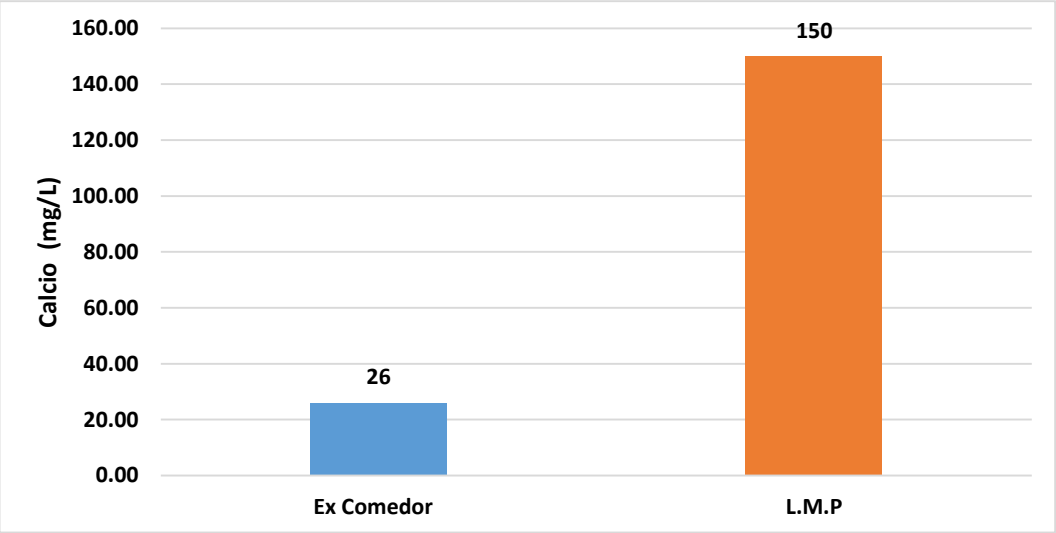


Figura 22. Resultados de Calcio

- **Amonio**

  En la figura 23 nos muestra el Amonio existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

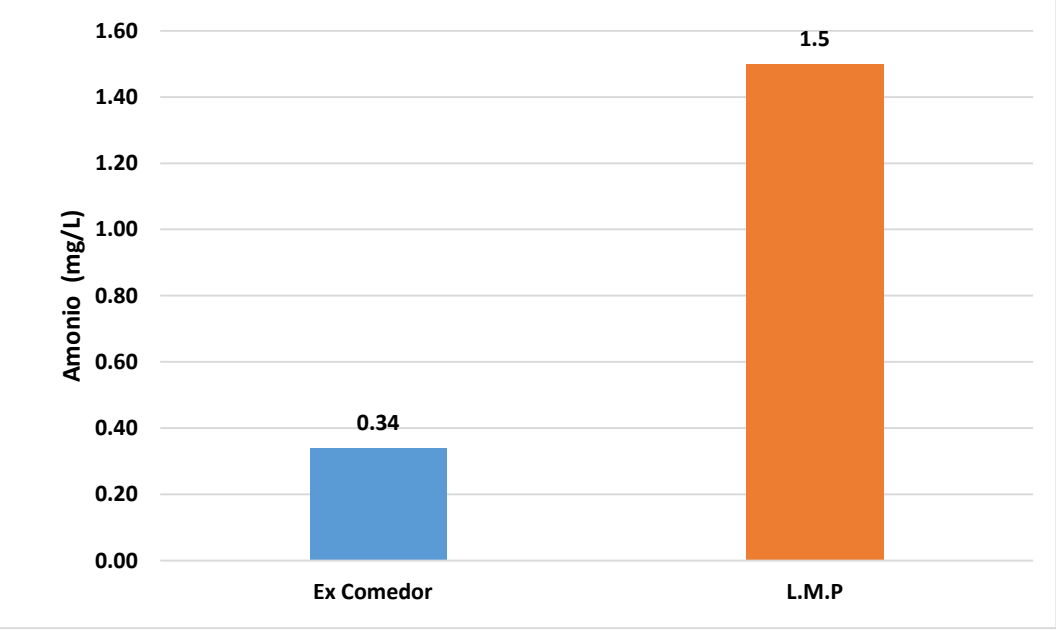


Figura 23. Resultados de Amonio

- **Aluminio**

  En la figura 24 nos muestra el Aluminio existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

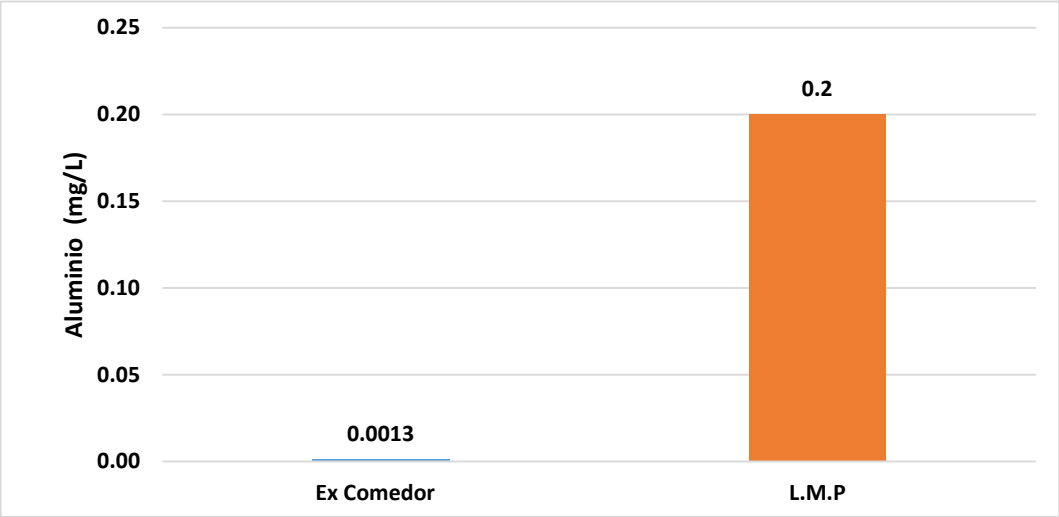


Figura 24. Resultados de Aluminio

- **Hierro**

  En la figura 25 nos muestra el Hierro existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

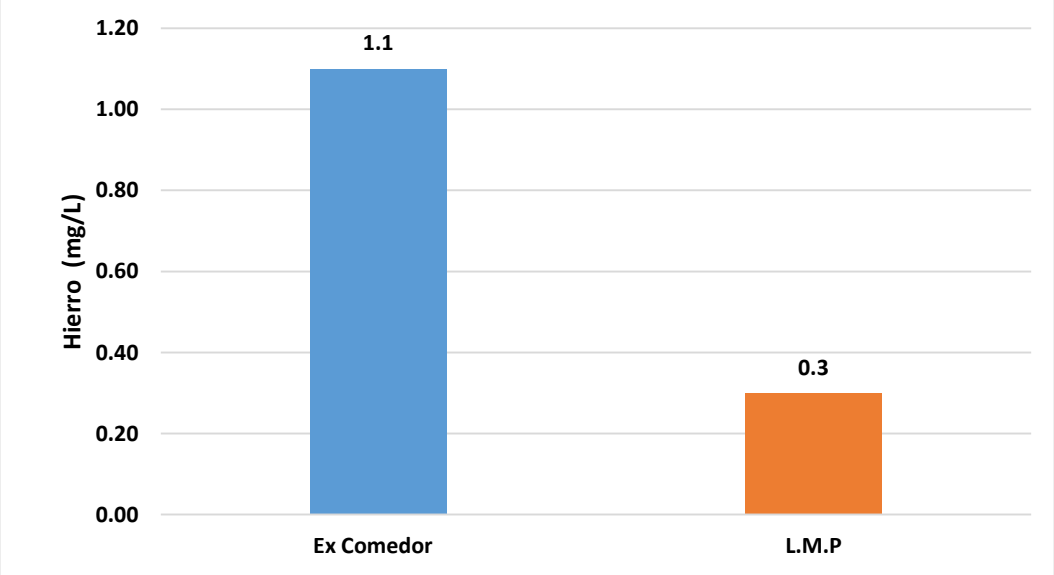


Figura 25. Resultados de Hierro

- **Arsénico**

  En la figura 26 nos muestra el Arsénico existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

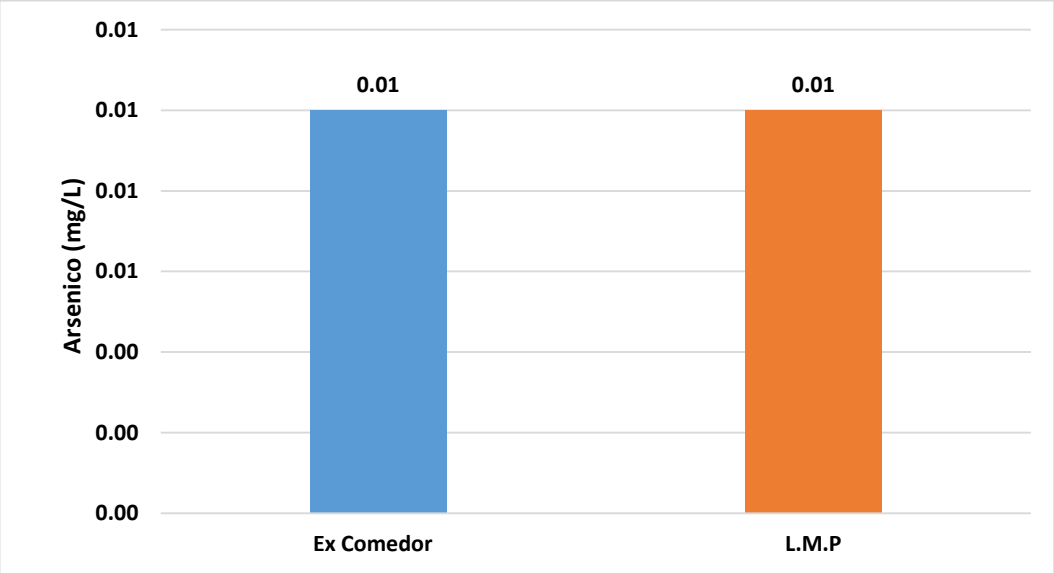


Figura 26. Resultados de Arsénico

- **Manganeso**

  En la figura 27 nos muestra el Manganeso existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

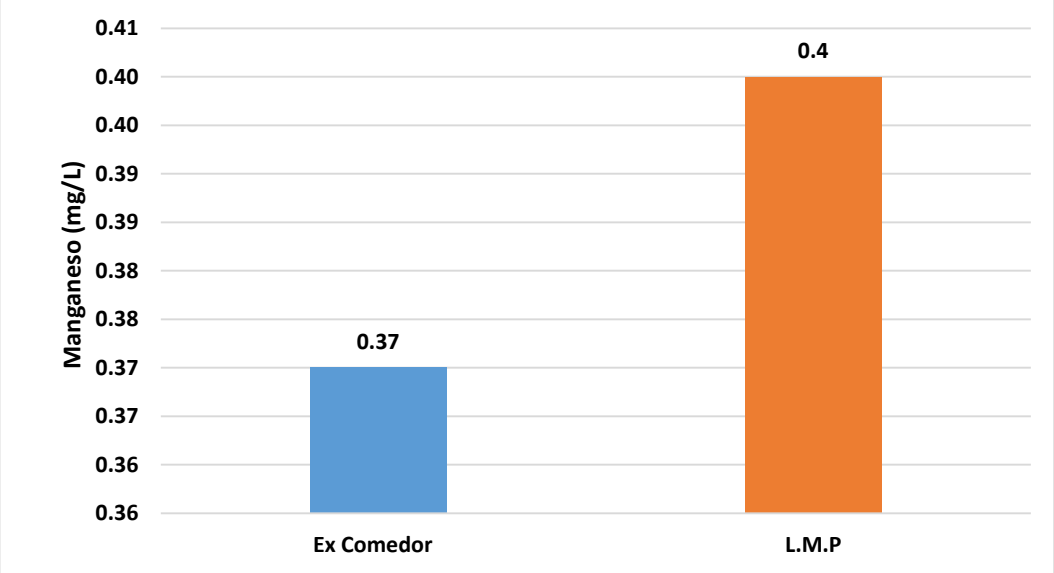


Figura 27. Resultados de Manganeso

- **Zinc**

  En la figura 28 nos muestra el Zinc existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

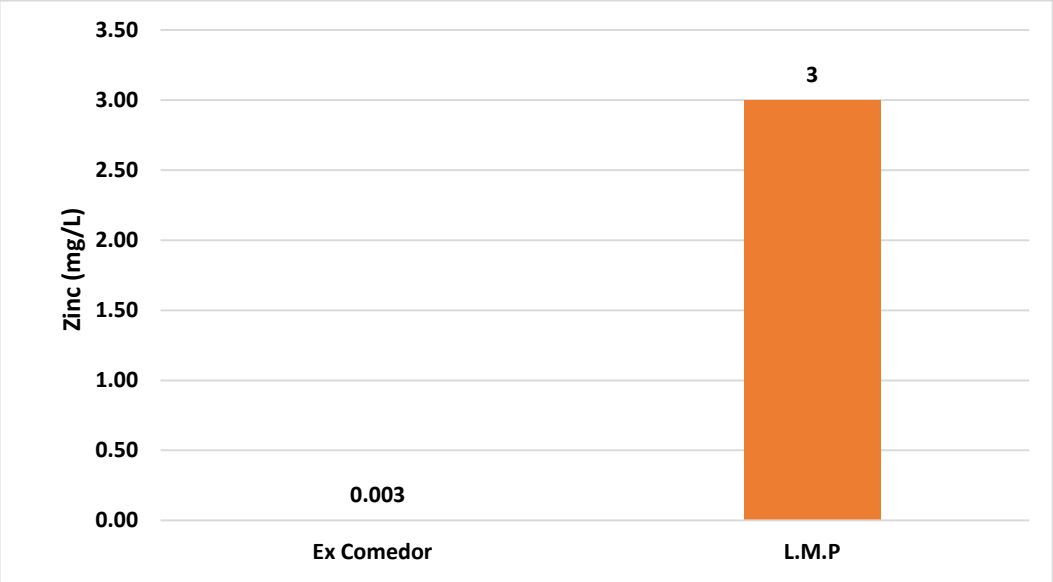


Figura 28. Resultados de Zinc

- **Sodio**

  En la figura 29 nos muestra el Sodio existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

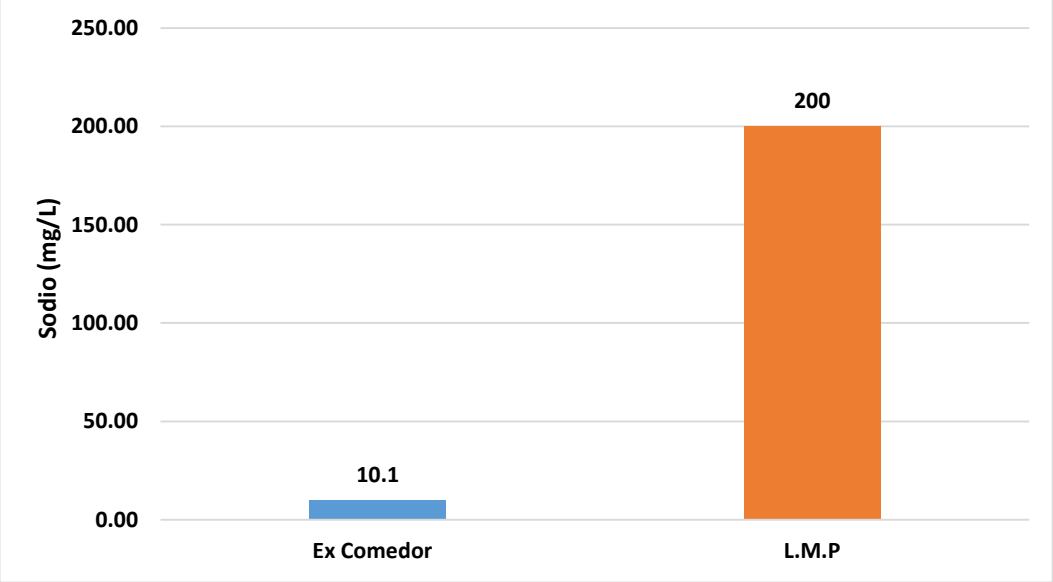


Figura 29. Resultados de Sodio

- **Cobre**

  En la figura 30 nos muestra el Cobre existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

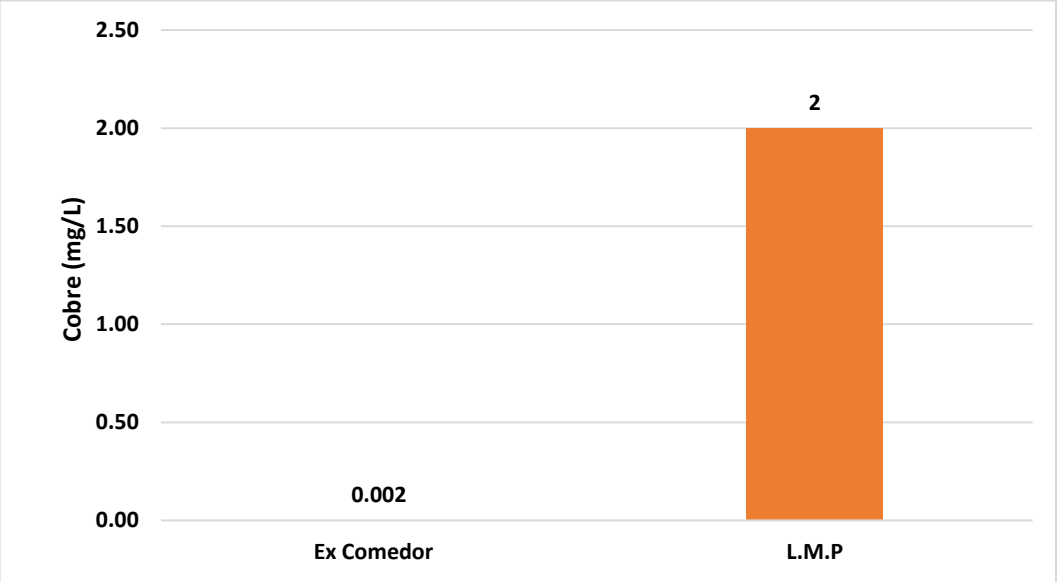


Figura 30. Resultados de cobre

C) Determinación Microbiológica

- **Coliformes Totales**

  En la figura 31 nos muestra los Coliformes Totales existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

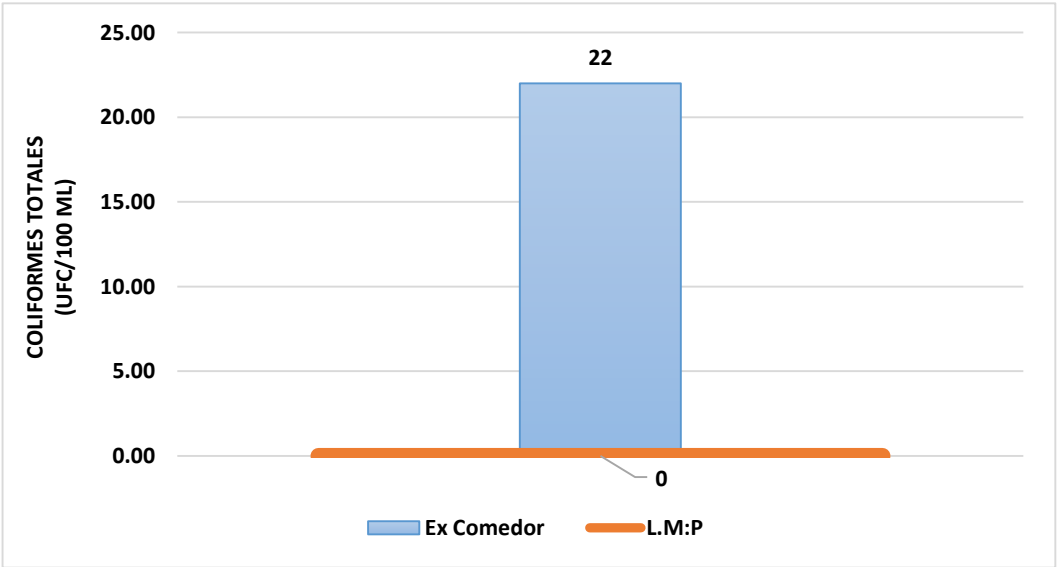


Figura 31. Resultados de Coliformes Totales

- **Coliformes Termotolerantes**

  En la figura 32 nos muestra los Coliformes Termotolerantes existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA.

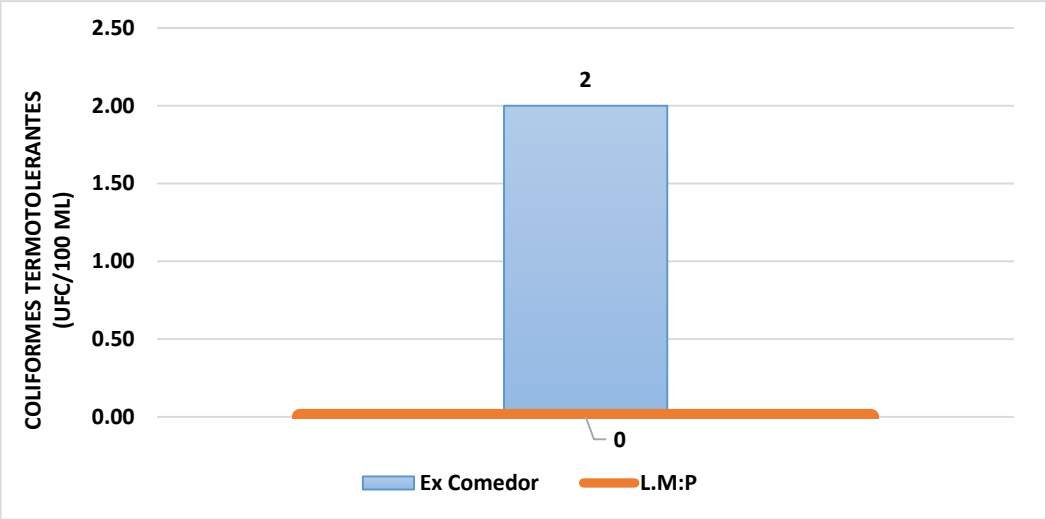


Figura 32. Resultados de Coliformes Totales

- **Bacterias Aerobias Mesófitas viables**

  En la figura 33 nos muestra las Bacterias Aerobias Mesófitas viables existente en el agua del Ex Comedor, el cual nos indica que no supera los Límites Máximos Permisible establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA

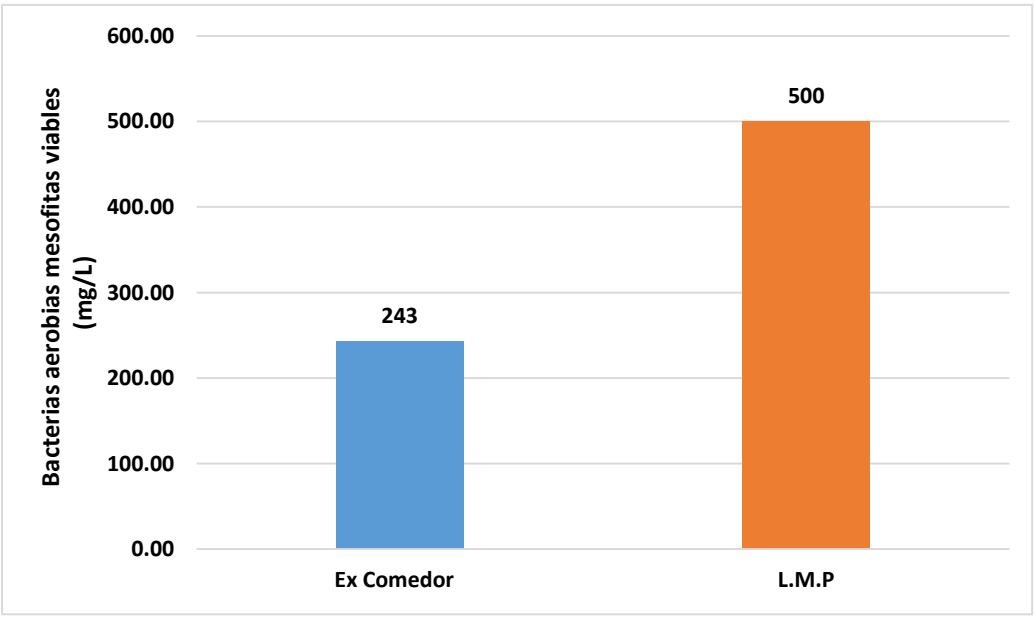


Figura 33. Resultados de Coliformes Totales

4.1.3. Etapa 03 Diseño Experimental: Tratamiento de agua con el carbón activado de cascara de plátano

4.1.3.1. Análisis de Hierro del primer tratamiento con el carbón activado de cascara de plátano.

Tabla 18. Resultados de la Concentración de Hiero en el primer tratamiento.

TRATAMIENTO	REPETICION	PESO DEL CARBON ACTIVADO DE PLATANO (g)	TIEMPO DE RETENCION (min)	GRANULOMETRIA (µm)	L.M.P	RESULTADOS INICIAL DEL HIERRO	RESULTADOS DE LABORATORIO
1	1	1	120	600	0.3	1.1	0.86
	2	1	120	600	0.3	1.1	0.87
	3	1	120	600	0.3	1.1	0.85
	4	2	120	600	0.3	1.1	0.64
	5	2	120	600	0.3	1.1	0.66
	6	2	120	600	0.3	1.1	0.63
	7	3	120	600	0.3	1.1	0.32
	8	3	120	600	0.3	1.1	0.31
	9	3	120	600	0.3	1.1	0.29

Conforme se aprecia en la Tabla 18, los resultados del primer tratamiento indica que en Granulometría de 600 µm con peso de 1 g y 2g de carbón activado hay una remoción de hierro, pero no cumplen con los Límites máximos permisibles, pero en peso de 3 g se logra una remoción eficaz de hierro y cumplir con los límites máximos permisibles DS. N° 031 - 2010 – SA.

4.1.3.2. Análisis de Hierro del segundo tratamiento con el carbón activado de cascara de plátano.

Tabla 19. Resultados de la Concentración de Hiero en el segundo tratamiento.

TRATAMIENTO	REPETICION	PESO DEL CARBON ACTIVADO DE PLATANO (g)	TIEMPO DE RETENCION (min)	GRANULOMETRIA (µm)	L.M P	RESULTADOS INICIAL DEL HIERRO	RESULTADOS DE LABORATORIO
2	1	1	120	425	0.3	1.1	0.89
	2	1	120	425	0.3	1.1	0.91
	3	1	120	425	0.3	1.1	0.92
	4	2	120	425	0.3	1.1	0.78
	5	2	120	425	0.3	1.1	0.76
	6	2	120	425	0.3	1.1	0.73
	7	3	120	425	0.3	1.1	0.59
	8	3	120	425	0.3	1.1	0.57
	9	3	120	425	0.3	1.1	0.55

Conforme se aprecia en la Tabla 19, los resultados del segundo tratamiento indica que en Granulometría de 425 µm con peso de 1 g, 2 g, 3 g de carbón activado hay una remoción de hierro, pero no cumplen con los Límites máximos permisibles del DS. N° 031 - 2010 – SA.

4.1.3.3. Análisis de Hierro del tercer tratamiento con el carbón activado de cascara de plátano.

Tabla 20. Resultados de la Concentración de Hiero en el tercer tratamiento.

TRATAMIENTO	REPETICION	PESO DEL CARBON ACTIVADO DE PLATANO (g)	TIEMPO DE RETENCION (min)	GRANULOMETRIA (µm)	L.M P	RESULTADOS INICIAL DEL HIERRO (mg/L)	RESULTADOS DE LABORATORIO (mg/L)
3	1	1	120	300	0.3	1.1	0.9
	2	1	120	300	0.3	1.1	0.92
	3	1	120	300	0.3	1.1	0.93
	4	2	120	300	0.3	1.1	0.74
	5	2	120	300	0.3	1.1	0.75
	6	2	120	300	0.3	1.1	0.72
	7	3	120	300	0.3	1.1	0.43
	8	3	120	300	0.3	1.1	0.47
	9	3	120	300	0.3	1.1	0.44

Conforme se aprecia en la Tabla 20, los resultados del tercer tratamiento indica que en Granulometría de 300 µm con peso de 1 g, 2 g, 3 g de carbón activado hay una remoción de hierro, pero no cumplen con los Límites máximos permisibles del DS. N° 031 - 2010 – SA.

4.1.4. Determinación de los porcentajes de remoción de hierro con el carbón activado de cascara de plátano.

Tabla 21. Resultados de la Concentración de Hiero por porcentaje.

TRATAMIENTO	REPETICION	PESO DEL CARBON ACTIVADO (g)	TIEMPO DE RETENCION (min)	GRANULOMETRIA (µm)	RSULTADOS INICIAL DE HIERRO (mg/L)	RESULTADOS FINAL DE HIERRO (mg/L)	REMOCION DE HIERRO (mg/L)	PORCENTAJE DE REMOCION DE HIERRO (%)
1	1	1	120	600	1.1	0.86	0.24	21.82
	2	1	120	600	1.1	0.87	0.23	20.91
	3	1	120	600	1.1	0.85	0.25	22.73
	4	2	120	600	1.1	0.64	0.46	41.82
	5	2	120	600	1.1	0.66	0.44	40.00
	6	2	120	600	1.1	0.63	0.47	42.73
	7	3	120	600	1.1	0.32	0.78	70.91
	8	3	120	600	1.1	0.31	0.79	71.82
	9	3	120	600	1.1	0.29	0.81	73.64
2	1	1	120	425	1.1	0.89	0.21	19.09
	2	1	120	425	1.1	0.91	0.19	17.27
	3	1	120	425	1.1	0.92	0.18	16.36
	4	2	120	425	1.1	0.78	0.32	29.09
	5	2	120	425	1.1	0.76	0.34	30.91
	6	2	120	425	1.1	0.73	0.37	33.64
	7	3	120	425	1.1	0.59	0.51	46.36
	8	3	120	425	1.1	0.57	0.53	48.18
	9	3	120	425	1.1	0.55	0.55	50.00
3	1	1	120	300	1.1	0.9	0.2	18.18
	2	1	120	300	1.1	0.92	0.18	16.36
	3	1	120	300	1.1	0.93	0.17	15.45
	4	2	120	300	1.1	0.74	0.36	32.73
	5	2	120	300	1.1	0.75	0.35	31.82
	6	2	120	300	1.1	0.72	0.38	34.55

7	3	120	300	1.1	0.43	0.67	60.91
8	3	120	300	1.1	0.47	0.63	57.27
9	3	120	300	1.1	0.44	0.66	60.00

4.1.5. Análisis Estadístico

4.1.5.1. Determinación de la Granulometría y peso optimo del carbón activado de cascara de plátano en la remoción de hierro total

Los resultados obtenidos mediante el programa estadístico se muestran a continuación:

Tabla 22. Análisis de Varianza - ANOVA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1.068[a]	8	.134	439.677	.000
Intersección	4.704	1	4.704	15489.378	.000
Granulometría	.094	2	.047	154.256	.000
Peso	.937	2	.468	1542.049	.000
Granulometría * Peso	.038	4	.009	31.201	.000
Error	.005	18	.000		
Total	5.778	27			

Haciendo una prueba de homogeneidad de las varianzas obtuvimos lo siguientes datos:

Hipótesis Nula : Todas las varianzas son iguales

Hipótesis Alterna : Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de Significancia: $\alpha = 0.05$

Prueba de Bartlett : 28.26

Sig – valor : 0.000

En la tabla 22, nos muestra los resultados del diseño experimental completamente al azar, donde demuestra que si existe diferencia significativa en los valores de variación (remoción) de hierro en el agua del ex comedor en los niveles de factores de Granulometría y Peso del carbón activado de cascara de plátano. Los valores de significancia de Granulometría y Peso del Carbón activado de cascara de plátano, ambos valores son menores a 0.05, por lo tanto, se demuestra que existe diferencia estadísticamente significativa en los valores de remoción de hierro en el agua del ex comedor de la UNU tanto para los niveles de granulometría y peso del carbón activado, corresponder realizar pruebas de post hoc Tukey.

Tabla 23. Comparación múltiple de HSD Tukey para la Granulometría del carbón activado

(I) Granulometría (µm)	(J) Granulometría (µm)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
300	425	.04444*	.008215	.000	.02348	.06541
	600	-.09667*	.008215	.000	-.11763	-.07570
425	300	-.04444*	.008215	.000	-.06541	-.02348
	600	-.14111*	.008215	.000	-.16208	-.12014
600	300	.09667*	.008215	.000	.07570	.11763
	425	.14111*	.008215	.000	.12014	.16208

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Conforme se aprecia en la tabla 23, nos muestra los resultados de las comparaciones múltiples entre los niveles del factor de Granulometría (600, 425, 300), lo primero que se puede destacar es que los valores de variación de hierro con la granulometría de 300 y 425 µm no existe diferencia estadísticamente significativa, en promedio la diferencia de dicha variación es de 0.0444 mg/L a favor de 300 µm. no obstante, si se observa los resultados de las comparaciones con de 600 µm frente a 300 y 425 µm,

ambas comparaciones tienen diferencia estadísticamente significativa, y ambas diferencias de medias tienen valores positivos, por consecuencia la granulometría óptima para la remoción del contenido del hierro total es 600 µm.

Tabla 24. Comparación múltiple de HSD Tukey para el peso del carbón activado

(I) Peso del carbón activado (g)	(J) Peso del carbón activado (g)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1 gramo	2 gramos	-.18222*	.008215	.000	-.20319	-.16126
	3 gramos	-.45333*	.008215	.000	-.47430	-.43237
2 gramos	1 gramo	.18222*	.008215	.000	.16126	.20319
	3 gramos	-.27111*	.008215	.000	-.29208	-.25014
3 gramos	1 gramo	.45333*	.008215	.000	.43237	.47430
	2 gramos	.27111*	.008215	.000	.25014	.29208

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Conforme se aprecia en la Tabla 24, se muestra los resultados de las comparaciones múltiples entre los niveles del factor de peso (1 g, 2g, 3g), lo primero que se puede destacar es que los valores de variación de hierro con el peso de 1 y 2 gramos no existe diferencia estadísticamente significativa, la variación de promedio es de 0.18222 mg/L a favor de 2 gramos de carbón activado. Sin embargo, los resultados de las comparaciones de 3 gramos de carbón activado de cascara de plátano frente a 1 y 2 gramos ambas comparaciones tienen diferencia estadísticamente significativa y ambas tienen diferencias de medias positivas, en consecuencia, el peso óptimo para la remoción de hierro total es de 3 gramos de carbón activado de cascara de plátano.

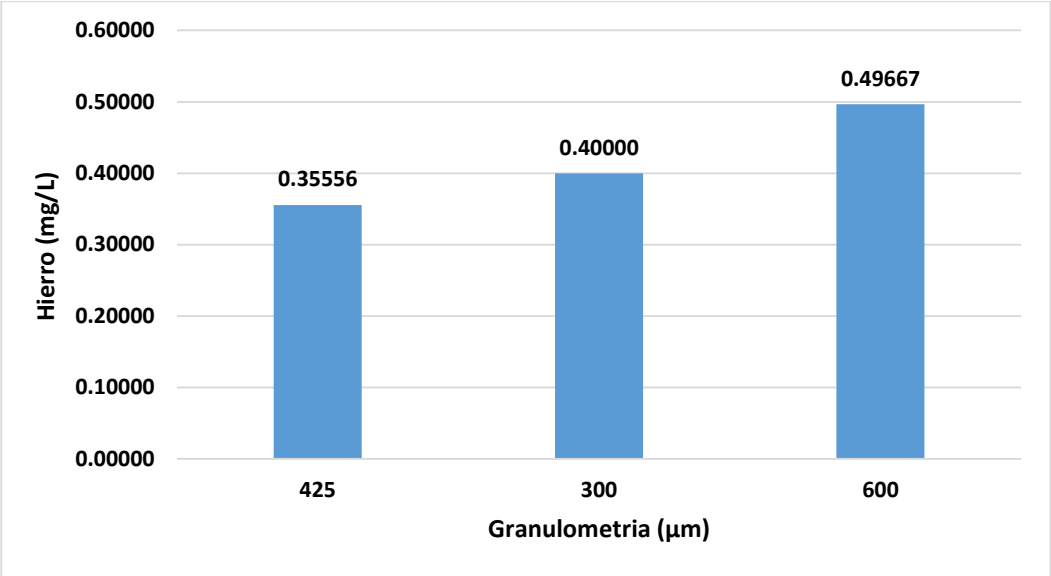


Figura 34. Variación promedio de remoción de hierro total en agua según los niveles de factor de granulometría del carbón

En la figura 34, nos muestra gráficamente la capacidad de remoción del carbón activado según el factor granulometría 600 µm de carbón activado de cascara de plátano puede remover el contenido de hierro total en el agua del ex comedor en 0.49667 mg/L en promedio, entre tanto que el tratamiento de 425 µm remueve 0.35556 mg/L y 300 µm remueve 0.40000 mg/L, por lo tanto, la capacidad de remoción para el factor granulometría, es significativa para 600 µm de carbón activado de cascara de plátano.

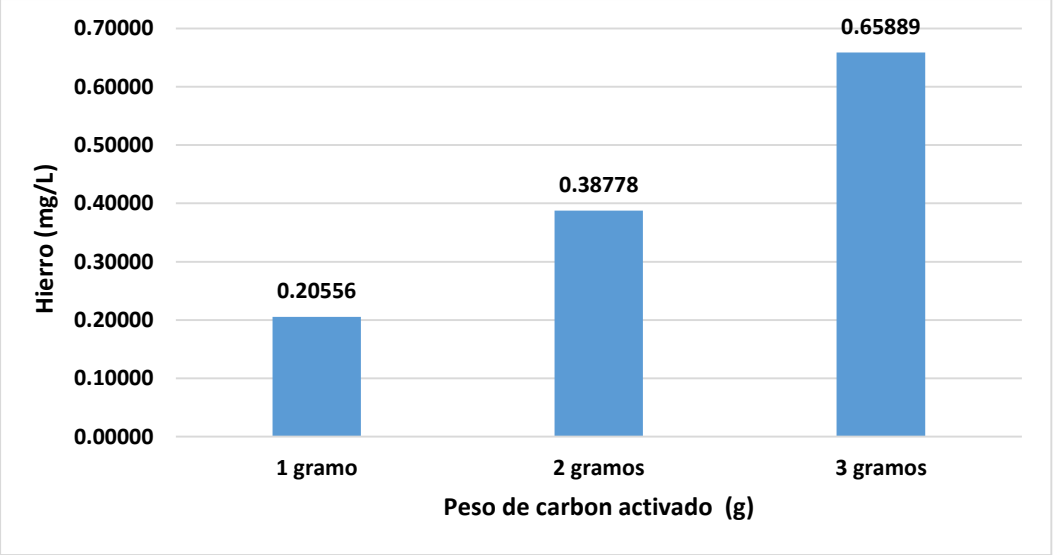


Figura 35. Variación promedio de remoción de hierro total en agua según los niveles de factor de peso del carbón

En la figura 35, nos muestra gráficamente la capacidad de remoción del carbón activado según el factor peso (g) de carbón activado de cascara de plátano, la remoción de hierro promedio según los pesos para (1 y 2) g es de 0.20556 mg/L y 0.38778 mg/L, entre tanto el factor peso de 3 gramos remueve 0.65889 mg/L, siendo significativa la remoción de hierro en el agua del ex comedor del pozo de ex coordinación académica.

Podemos argumentar según la gráfica y el modelo estadístico que para la remoción de hierro total en agua del ex comedor del pozo de ex coordinación académica de la UNU se tendría que agregar 3 gramos de carbón activado de cascara de plátano por cada 1000 mL de agua para remover 0.655880 mg/L de hierro, esto quiere decir que los resultados obtenidos son favorables.

4.1.5.2. Eficiencia del carbón activado de cascara de plátano para la remoción de hierro total.

Determinación de reducción de hierro total entre los factores de granulometría y peso del carbón activo de cascara de plátano

A continuación, se muestra los resultados de las comparaciones por pareja de Tukey de los tratamientos realizados en la remoción de hierro total, entre los factores de granulometría y peso del carbón activado de cascara de plátano.

Tabla 25. Comparaciones parejas de Tukey: GRANULOMETRIA (µm)*PESO (g) confianza de 95%

GRANULOMETRIA(µm)*PESO (g)		N	Media	Agrupación						
600	3	3	0.793333	A						
300	3	3	0.653333		B					
425	3	3	0.530000			C				
600	2	3	0.456667				D			
300	2	3	0.363333					E		
425	2	3	0.343333					E		
600	1	3	0.240000						F	
425	1	3	0.193333						F	G
300	1	3	0.183333							G

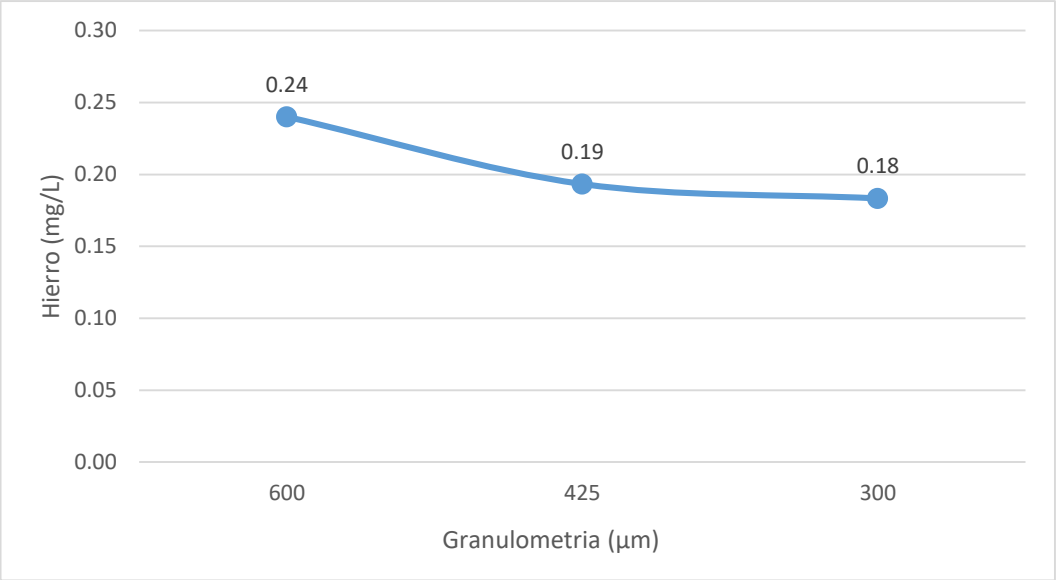


Figura 36. Remoción de hierro total promedio con 1 g de carbón activado de plátano

En la figura 36, se muestra la remoción de 1 gramo de carbón activado de cascara de plátano en 1000 mL según la granulometría, se evidencia que en 600 µm de granulometría en 1 gramo de carbón activado se logra remover un 0.24 mg/L de hierro total, mientras que 300 µm de granulometría remueve solo un 0.18 mg/L de hierro total.

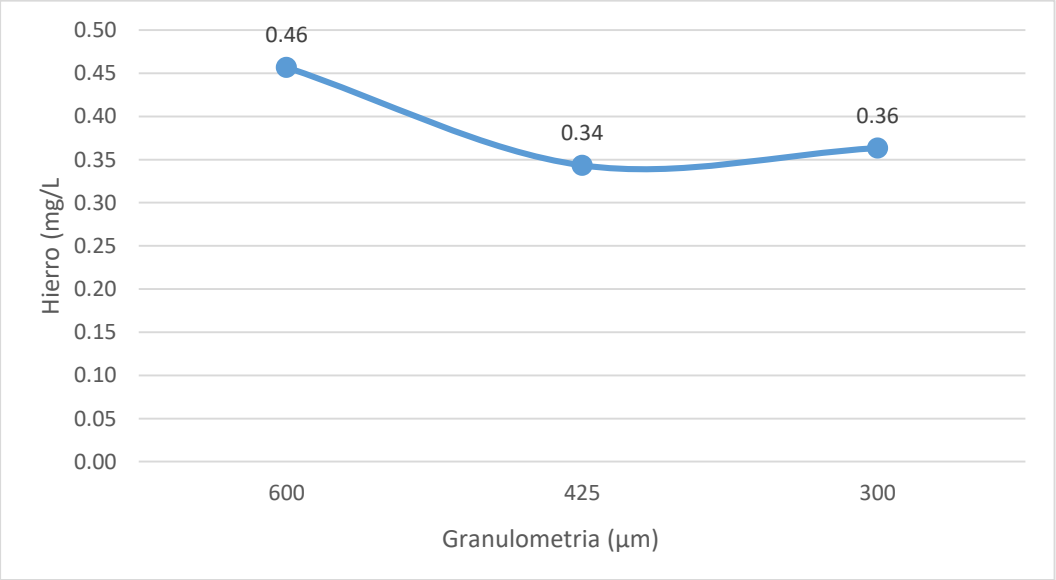


Figura 37. Remoción de hierro total promedio con 2 g de carbón activado de plátano

En la figura 37, nos muestra la remocion de 2 gramos de carbon activado en 1000 mL, según la granulometria del carbon activado, se evidencia que en 600 µm de granulometría de carbón activado logro remover un 0.46 mg/L de hierro total mientras que 425 µm solo remueve un 0.34 mg/L de hierro total, igualmente 300 µm remueve 0.36 mg/L de hierro total.

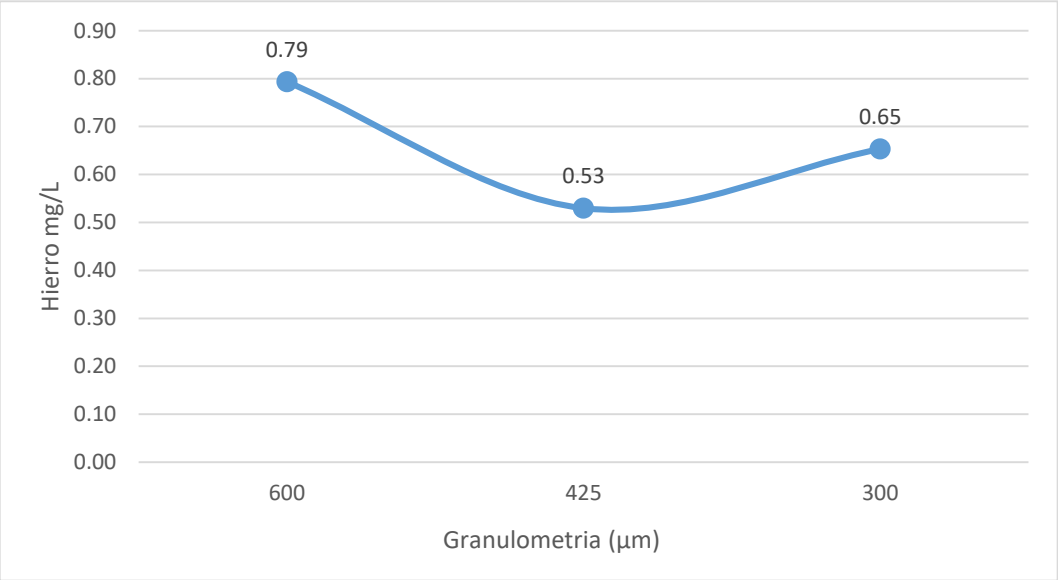


Figura 38. Remoción de hierro total promedio con 3 g de carbón activado de plátano

En la figura 38, no muestra la remoción de 3 gramos de carbón activado de cascara de plátano en 1000 mL de muestra de agua según granulometría, se evidencia que en 600 µm de granulometría se logra remover un 0.79 mg/L de hierro total mientras 425 µm de granulometría solo remueve un 0.53 mg/L de hierro total, caso contrario con 300 µm de granulometría removió un 0.65 mg/L de hierro total.

Determinación del porcentaje de reducción entre los factores de granulometría y peso del carbón activo de cascara de plátano

A continuación, se muestra los resultados de los tratamientos realizados en porcentaje de remoción de hierro total, entre los factores de granulometría y peso del carbón activado de cascara de plátano.

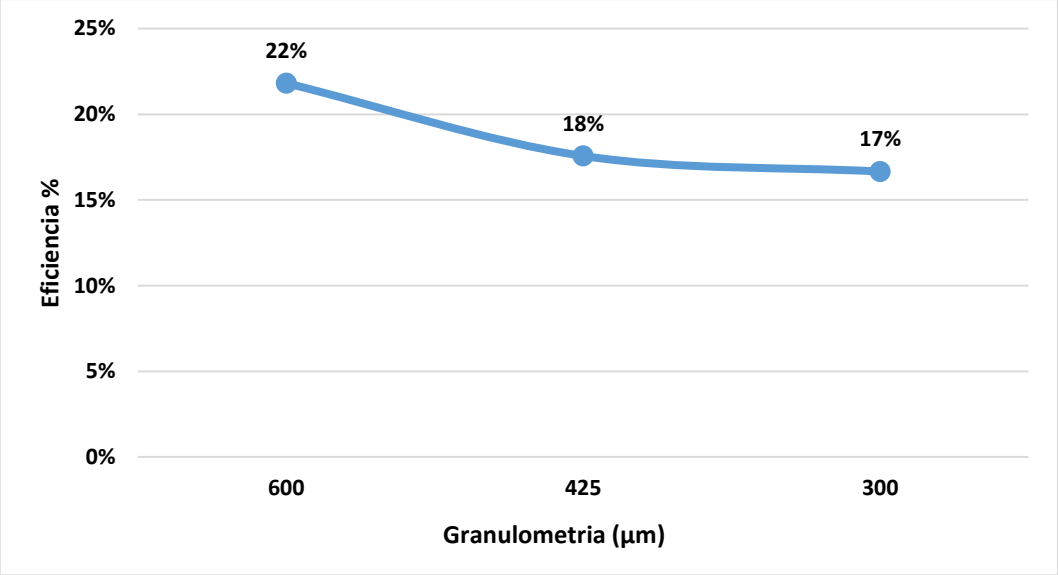


Figura 39. Porcentaje de remoción de hierro total en 1 g de carbón activado

En la figura 39, se muestra porcentaje de remoción en 1 gramo de carbón activado de cascara de plátano en 1000 mL según la granulometría, se evidencia que en 600 µm de granulometría en 1 gramo de carbón activado se logra remover un 22 % de hierro total, mientras que 300 µm de granulometría remueve solo un 17 % de hierro total.

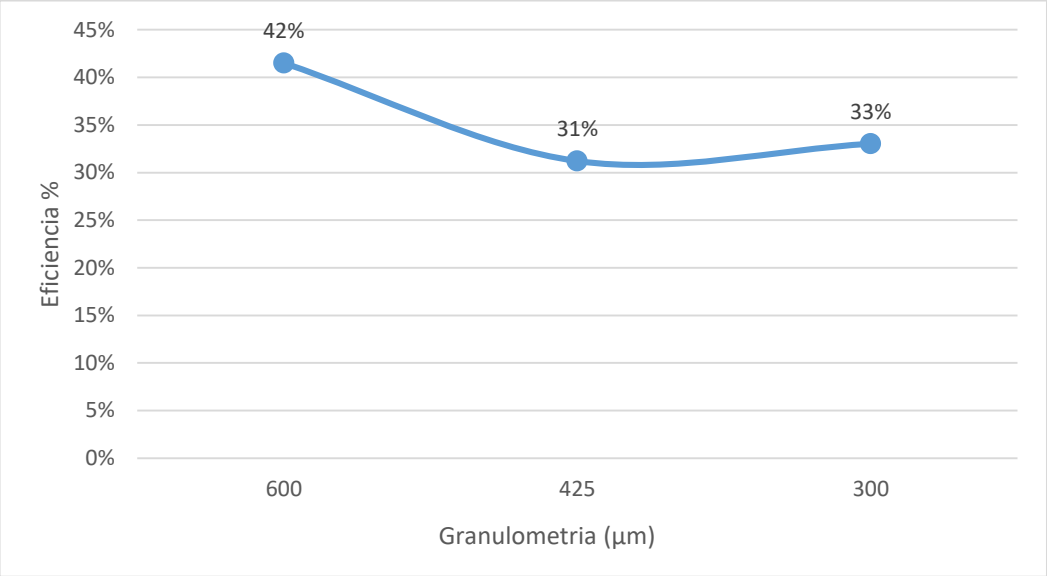


Figura 40. Porcentaje de remoción de hierro total en 2 g de carbón activado

En la figura 40, nos muestra la remocion de 2 gramos de carbon activado en 1000 mL, según la granulometria del carbon activado, se evidencia que en 600 µm de granulometría de carbón activado logro remover un 42 % de hierro total mientras que 425 µm solo remueve un 31 % de hierro total, igualmente 300 µm remueve 33 % de hierro total.

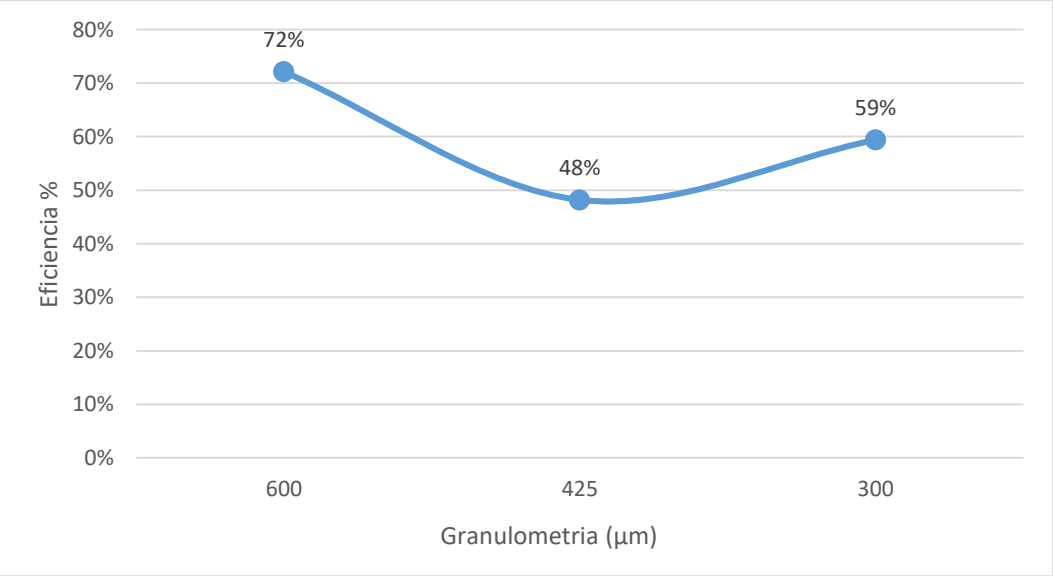


Figura 41. Porcentaje de remoción de hierro total en 3 g de carbón activado

En la figura 41, nos muestra la eficiencia de 3 gramos de carbón activado de cascara de plátano en 1000 mL de muestra de agua según granulometría, se evidencia que en 600 µm de granulometría se logra remover un 72 % de hierro total mientras 425 µm de granulometría solo remueve un 48 % de hierro total, caso contrario con 300 µm de granulometría removió un 59 % de hierro total.

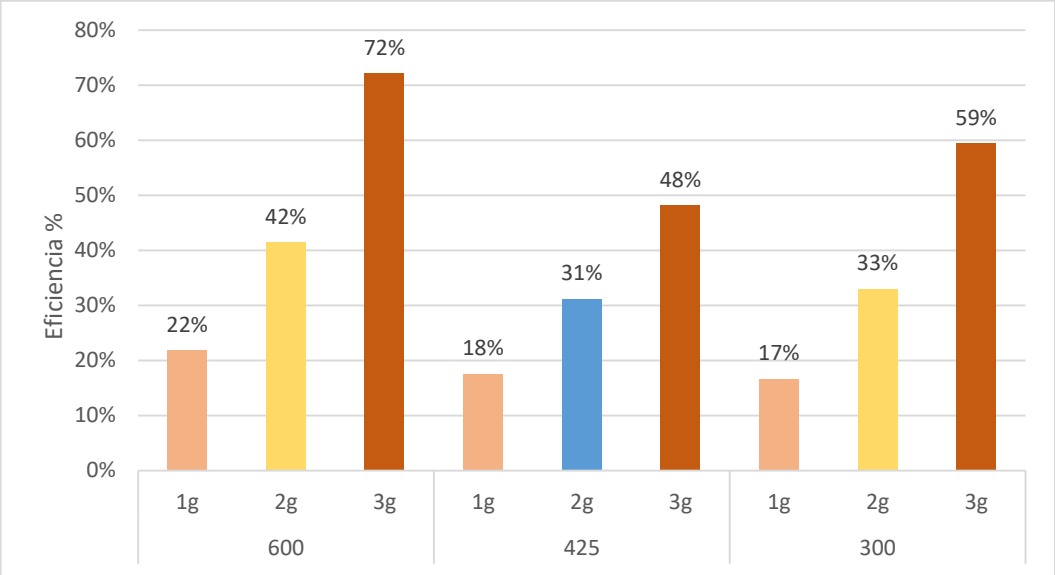


Figura 42. Comparación del peso y granulometría en la remoción del hierro total

En la figura 42, nos muestra la eficiencia del peso del carbón activado de cascara de plátano en 1000 mL de muestra según granulometría y peso para todos los tratamientos, se evidencia que con granulometría 600 µm y 3 gramos de carbón activado de cascara de plátano en 1000 mL de muestra de agua se consigue remover un 72 % de hierro total, entre tanto en 1 gramo con granulometría de 600 µm se obtuvo un 22 % de remoción de hierro total, mientras que con granulometría de 300 µm y 2 gramos tuvo 33 % de remoción. cabe precisar que en el caso de 1 gramo y 2 gramos la remoción es baja por la insuficiencia de carbón activado.

A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis alternativa general que el carbón activado obtenido de cascara de plátano remueve un 0.79 mg/L de hierro total de las aguas del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Tejeda et al. (2014) en Colombia donde, utilizaron cascara de plátano y naranja para remover cromo, logrando con el carbón activado de plátano remover el metal en un 0.95 mg/L, Por lo tanto, es acorde con lo encontrado en los resultados.

Con relación al porcentaje de remoción del hierro total se obtuvo un 72 % de remoción, con el carbón activado de cascara de plátano, contrastando con (Taboada, G. F. P , 2015) investigó en Pucallpa, el uso de carbón activado obtenido de la cáscara del cacao (Theobroma cacao L.), evaluando su capacidad adsorbente para disminuir el contenido de hierro, aluminio y cobre de las aguas del río Ucayali y la laguna de Yarinacocha, obteniendo remociones del orden de 52,72 y 66,72% para el hierro. Por lo tanto, se demuestra que la cascara de plátano es el más adecuado para remover el hierro total.

Caso contrario pasa Leguía y Puma (2016), en Arequipa donde desarrollaron filtros de bioarena para remover metales pesados . La remoción de los metales pesados (Cd, Cr, Pb, Fe) se logró mediante la precipitación electroquímica en gránulos de cobre-zinc. El accesorio diseñado logró reducir la contaminación de más del 99% de cromo y cadmio, y valores por encima del 98% de remoción de plomo y hierro donde se demuestra que con filtros adecuados se puede realizar una remoción de hierro eficaz.

Finalmente, con relación a la granulometría y peso óptimo para remover el hierro total de la muestra tomado del pozo de la UNU, teniendo como resultado que con 600 µm y 3 gramos de carbón activado es el tratamiento más óptimo para la remoción de hierro total. Contrarrestando con Campos y Porras (2019) diseñaron un filtro casero con arena, grava cuarzosa, y emplearon harina de cáscara de plátano (Musa spp), lograron

adsorber hierro presente en las aguas de un pozo, para lo cual ensayaron concentraciones de harina en el orden de 100, 150, 200,250, 300, 350, 400 y 450g. Según los resultados, las concentraciones más eficientes fueron para el hierro: a una C1 (200 g) con los cuales adsorbieron hasta un 82.26 % de Fe. En la misma relación de granulometría, Barboza y Díaz (2018), estudiaron la efectividad del carbón activado elaborado del endocarpio de Elaeis guineensis para disminuir el nivel de concentración de hierro férrico (Fe+3) en el agua potable de un pozo tubular de la habilitación urbana Municipal de Manantay. Estudiaron la influencia de la concentración del agente activante, tiempo de activación y las diferentes granulometrías del carbón activado Obtuvieron como resultados que el carbón activo con mayor poder de adsorción y por consiguiente con una mayor área superficial fue el carbón activado a 60% de concentración de agente activante y con tamaños menores a 0,15 mm lo cual demuestra que el carbón activado de cascara de plátano tiene mayor poder de remoción de hierro.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. El efecto del carbón activado obtenido de cascara de plátano para la remoción del hierro total del agua del subsuelo de la Universidad Nacional de Ucayali es reducir el contenido del hierro total a un 0.79 mg/L con un porcentaje de remoción de 72 %. Logrando bajar los Límites Máximos Permisibles de hierro según lo establecido el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo: D.S. N° 031-2010-S. A/Ministerio de Salud.

2. Las características fisicoquímicas y microbiológicas determinaron que la muestra del pozo de ex coordinación académica de la Universidad Nacional de Ucayali no es apta para el consumo humano siendo terminante el alto nivel de concentración de hierro de 1.1 mg/L sobrepasando los Límites Máximos Permisibles, por consecuencia siendo este elemento la que consume cloro de la desinfección del agua.

3. Las características fisicoquímicas del carbón activado de cascara de plátano es Humedad 16.5%, material volátil 34.55%, cenizas 53%, carbono 11.78 %, poder calorífico 7405.36 Kcal/Kg lo cual muestra ser la más óptimo para la absorción del hierro.

4. La granulometría y concentración de carbón activado de cascara de plátano es de 600 µm y 3 gramos siendo estos los más idóneos para el tratamiento de remoción de hierro ya que redujo 0,79 mg/L con un porcentaje de remoción de 72% la cual se mantiene por debajo de los límites máximos permisible en hierro.

5.2. RECOMENDACIONES

1. En futuras investigaciones se sugiere hacer los tratamientos de carbón activado de cascara de plátano para la remoción de otros metales, como el aluminio, cobre, arsénico y cadmio, ya que estos metales no son aptos para el consumo humano.

2. Realizar la investigación de remoción de hierro total utilizando el carbón activado de cascara de plátano con pesos diferentes a lo desarrollado y evaluar o comparar los resultados obtenidos.

3. La utilización de otro de tipo de carbón activado para comparar resultados y saber cual tiene mayor remoción de metales pesados.

4. Realizar investigaciones con el carbón activado de cascara de plátano en aguas subterráneas para mejorar su calidad en las características organolépticas.

5. Realizar el tratamiento a distintas temperaturas de carbonización para poder comparar la calidad del carbón activado de cascara de plátano y su poder de remoción de hierro total.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Agencia de Noticia Andina. (noviembre de 2019). *Agencia de Noticia Andina*. Obtenido de Agencia de Noticia Andina: . 2019. Producción agropecuaria creció 5.20 % en noviembre del 2018. https://andina.pe/agencia/noticia-produccion-agropecuaria-crecio-520-noviem bre-del-2018-741419.aspx.

ANNADURAI, G., JUENG, R., & LEE, D. (2003). *Adsorption of heavy metals from water using banana and orangepeels. Water science and technology, 2003, volumen 47, pp 185– 190. ISSN 0273-1223.*

AWWA. (2002). *Calidad y Tratamiento del Agua.* McGraw-Hill. 5ta edición.

Barboza Hernandez, L. J & Diaz Avalos, H. (2018). *Efectividad del carbon activado elaborado del endocarpio de palma africana (Elaeis guineensis), para disminuir la concentración de fe+ 3 en el agua potable del pozo tubular de la habilitación urbana municipal de Manantay, noviembre 2017.* Pucallpa.

Blasco & Montalo. (2014). *Propiedades Funcionales del Platano(Musa sp) Rev Med UV.*

Brunatti, C., & Martín, A. (2010). *Introducción a la espectroscopía de absorción molecular ultravioleta, visible e infrarrojo cercano. Recuperado el, 24.*

Burbano, L, & Sanches, L . (2007). *Remoción de hierro y manganeso por oxidación-filtración para agua potable. Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento para el cumplimiento de las metas del milenio, 288.* Bogota. Colombia .

Campos, Smith, H & Porras Becerra, J. J. (2019). *Evaluación de eficiencia de la harina de cáscara de plátano (Musa spp) utilizando un filtro casero, para la adsorción de hierro y manganeso en agua para consumo humano, barrio Miramayo, distrito de Yantaló–Moyobamba–San Martín. .* San Martin , Peru.

Cardenas. (2009). *Estudio del Mercado de la Cadena de Plátano.* Lima,Peru: Consultoria .

Cervera, P; Clapes, J; Rigolfas, R. (2004). *Alimentación.* España: McGRAW-HILL - INTERAMERICANA DE ESPAÑA.

Collazo, M., & Montaño, J. (2012). *Manual de agua subterránea. Montevideo: Ministerio de ganadería agricultura y pesca dirección general de desarrollo rural, 978-9974.*

Dixon, & Stockwell. (2014). *The role of iron and reactive oxygen species in cell death. Nature chemical biology, 10(1), 9.*

DUFOUR, Dominique; et al. (2009). *Diversidad del plátano de cocción consumido en Colombia En: Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos. (7: 6-9, septiembre: Bogotá). Memorias. Bogotá: Universidad de la Sabana, 2009 .* Bogota.

Eaton, & Qian. (2002). *Molecular bases of cellular iron toxicity. Free Radical Biology and Medicine, 32(9), 833-840.*

Garcia, M. D. V; Santiago, M. . (2011). *Validación del método espectrofotometrico (3500-fe D) de la fenantrolina para determinación de hierro total en agua potable.* El Salvador.

Gómez, A. (2008). *Pirólisis de biomasa: cuesco de palma de aceite. kassel university press GmbH.*

Gonzales. (2012). *Determinación y comparación del contenido del hierro en algunas leguminosas antes y después de su tratamiento térmico usando la técnica de espectrofotometría de Uv-visible previa complejación de hierro con o-fenantrolina.* Nigaragua: Universidad Nacional Autonoma de Nigaragua.

Gonzales, L. D. S; Valdivia, H. (2012). *Determinación y comparación del contenido del hierro en algunas leguminosas antes y después de su tratamiento térmico usando la técnica de espectrofotometría de uv-visible previa complejación de hierro con o-fenantrolina.* Nigaragua.

Jaime, M, B. R. A. (2013). *Determinación de hierro total en el fruto de Cassia Grandis L. f. por espectrofotometría ultravioleta/Visible en el laboratorio de Cromatografía del Departamento de Química , UNAN-Managua, Julio-Diciembre, 2012.* Nicaragua.

Leguia. (2016). *"Diseño de filtros de bioarena para remover metales pesados (As, Cd, Cr, Pb y Fe) en aguas de uso doméstico".* Arequipa, Peru: Universidad Nacional de San Agustin.

Leguia, R. J. C & Puma, T. P. S. . (2016). *Diseño de filtros de bioarena para remover metales pesados (As, Cd, Cr, Pb y Fe) en aguas de uso doméstico.* Arequipa .

Loaiza. (2009). *Remoción de hierro y manganeso en aguas subterráneas mediante doble infiltración con flujo a presión: Caso El Hormiguero-Cali (Doctoral dissertation).* Santiago de Cali.

Luna, D., González, A., Gordon, M., & Martín, N. (2007). *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. ContactoS, 64(10), 39-48.*

LY, J. (2004). *Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. En: Revista Computadorizada de Producción Porcina. 2004Vol. 11, no. 3, p. 5-24 .*

Manjarrés Pinzón, K., Castro, A., & Rodríguez Sandoval, E. (2010). *Producción de lacasa utilizando Pleurotus ostreatus sobre cáscaras de plátano y bagazo de caña.* Bogota.

Marín. (2011). *Remoción de hierro y manganeso por oxidación con cloro y filtración en grava (Doctoral dissertation).*

Mateu, E., & Casal, J. (2003). *Tamaño de la muestra. Rev Epidem Med Prev, 1, 8-14.*

MINAG - DGFFS. (2012). *Perú forestal en números año 2012. Ministerio de Agricultura.* Lima.

Mosquera . (2002). *"Plan de Gestion ambiental Regional del Valle del cauca 2002-2012".* Cali-Colombia: Corporacion Autonoma Regional del Valle del Cauca.

Motta, P . (2011). *Hierro y Manganeso en aguas superficiales y subterranea de la provincia de Misiones. Argentina.* Argentina .

Navarro-Aviñó, J. P., Alonso, I. A., & López-Moya, J. R. (2007). *Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Revista Ecosistemas, 16(2).*

Pardave, A. (2004). *Envases y medio ambiente.* Bogotá: Eco ediciones.

Pérez L., J. E. (2010). *Caracterización de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable y en la red de distribución de la ciudad de Yopal.*

Rios. (2014.). *Cinetica de bioadsorcion de arsenico utilizando cascara de banano maduro en polvo.* Ecuador.

Rodriguez, M. I; Rodriguez Areal, M. M.; Sales, A. M. (2010). *Hierro y Manganeso en Aguas Subterráneas: Validación del Método Analítico de Espectrometría de Absorción Atómica con Vaporización Electrotérmica.* San Miguel de Tucumán.

Rodríguez, M. S. M. (2018). *Evaluación de un compósito adsorbente tipo carbón activado-óxido de hierro, como medio de remoción de arsénico de efluentes acuosos (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de San Luis Potosí).*

Romero, R . (2002). *Calidad de agua (pag. 38 - 127).* Bogota. Colombia : Escuela Colombiana de Ingenieria .

Sabino Ramos, A . (2016). *Determinación de fierro y cobre en alimentos: maca (lepidiumperuvianum), muña (minthostachymollis) y cañihua (chenopodiumpallidicaule) por espectroscopía de absorción atómica a la llama.* Ancash .

Taboada, G. F. P . (2015). *Evaluación de la descontaminación de aguas usando un adsorbente obtenido a partir de la cáscara del cacao (Theobroma cacao L.). Tesis para título profesional (Sin publicar). .* Pucallpa.

Tejada, B; Tejada, T; Marimon, B; Villabona, O. (2014.). *Estudio de modificacion quimica y fisica de biomasa(Citrus sinensis y Musa paradisiaca) para la adsorcion de metales pesados en solucion.* Luna Azul.

Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Garcés-Jaraba, L. (2015). *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. TecnoLógicas, 18(34), 109-123.*

Tubert, I., & Talanquer, V. (1997). *Sobre adsorción. Educación química, 8(4), 186-.*

Vallejo, P. M. (2012). *Tamaño necesario de la muestra:¿ Cuántos sujetos necesitamos Estadística aplicada, 24(1), 22-39.*

Wachirasiri, P. & col . (2009). *The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fiber concentrate, 31(6), 605–11.*

Weber Jr. Walter J. (1979). *Control de la calidad del agua – Procesos Fisicoquímicos.* Barcelona: Editorial Reverté, S.A., Barcelona (España).

Zegarra, M. (2017). *"Caracterización socioeconómica de la actividad del reciclaje de residuos sólidos en los Distritos de Callería, Yarinacocha, Manantay y Campoverde, Provincia de Coronel Portillo - Ucayali.".*

ANEXO



Figura 43. Recolección de la cascara de plátano



Figura 44. Pesado la cascara de plátano



Figura 45. Secado solar de la cascara de plátano



Figura 46. Picado de la cascara de plátano



Figura 47. Modificación química con ácido fosfórico



Figura 48. Modificación química de la cascara de plátano mediante temperatura térmica



Figura 49. Secado de la cascara de plátano



Figura 50. Carbonización de la cascara de plátano



Figura 51. Carbonización de la cascara de plátano a la T° de 450 y 550



Figura 52. Obtención del carbón activado



Figura 53. Molido del carbón activado utilizando la moledora



Figura 54. Molido del carbón activado utilizando el mortero



Figura 55. Tamizado del carbón activado



Figura 56. Lavado del carbón activado con agua destilada



Figura 57. Filtrado del carbón activado



Figura 58. Secado del carbón activado a T de 150 °C



Figura 59. Almacenamiento en bolsa ziploc



Figura 60. Recolección de muestras de agua del ex Comedor UNU



Figura 61. Recolección de muestras de agua del Rectorado



Figura 62. Recolección de muestras de agua de Coordinación Académica



Figura 63. Recolección de muestras de agua de Derecho y Ciencias Políticas



Figura 64. Recolección de muestras de agua de Pabellón Académico N°07



Figura 65. Recolección de muestras de agua de Pabellón Académico N°05



Figura 66. Muestras recolectadas de los 7 pozos

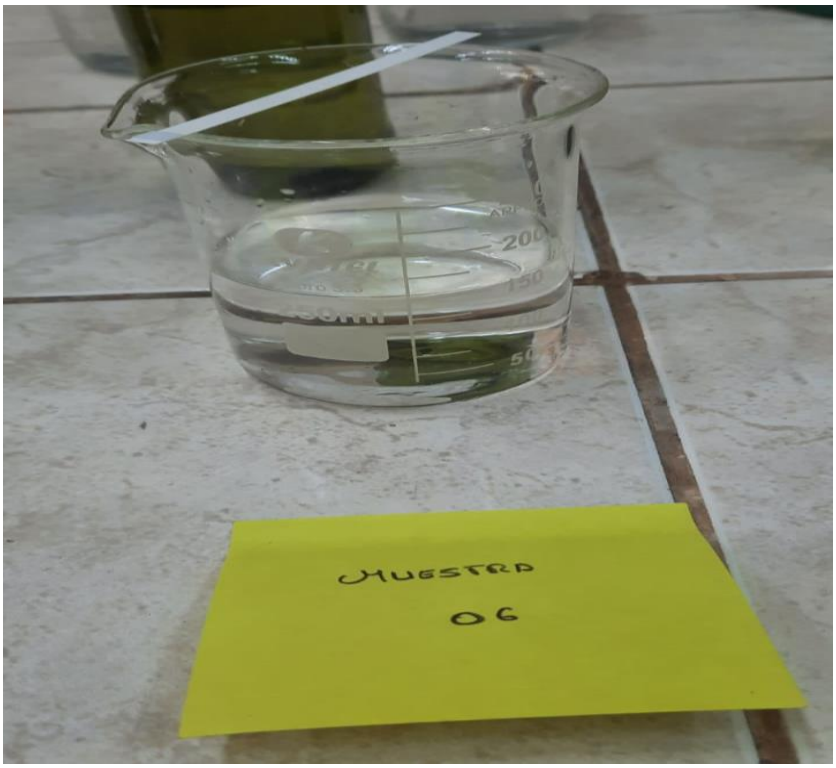
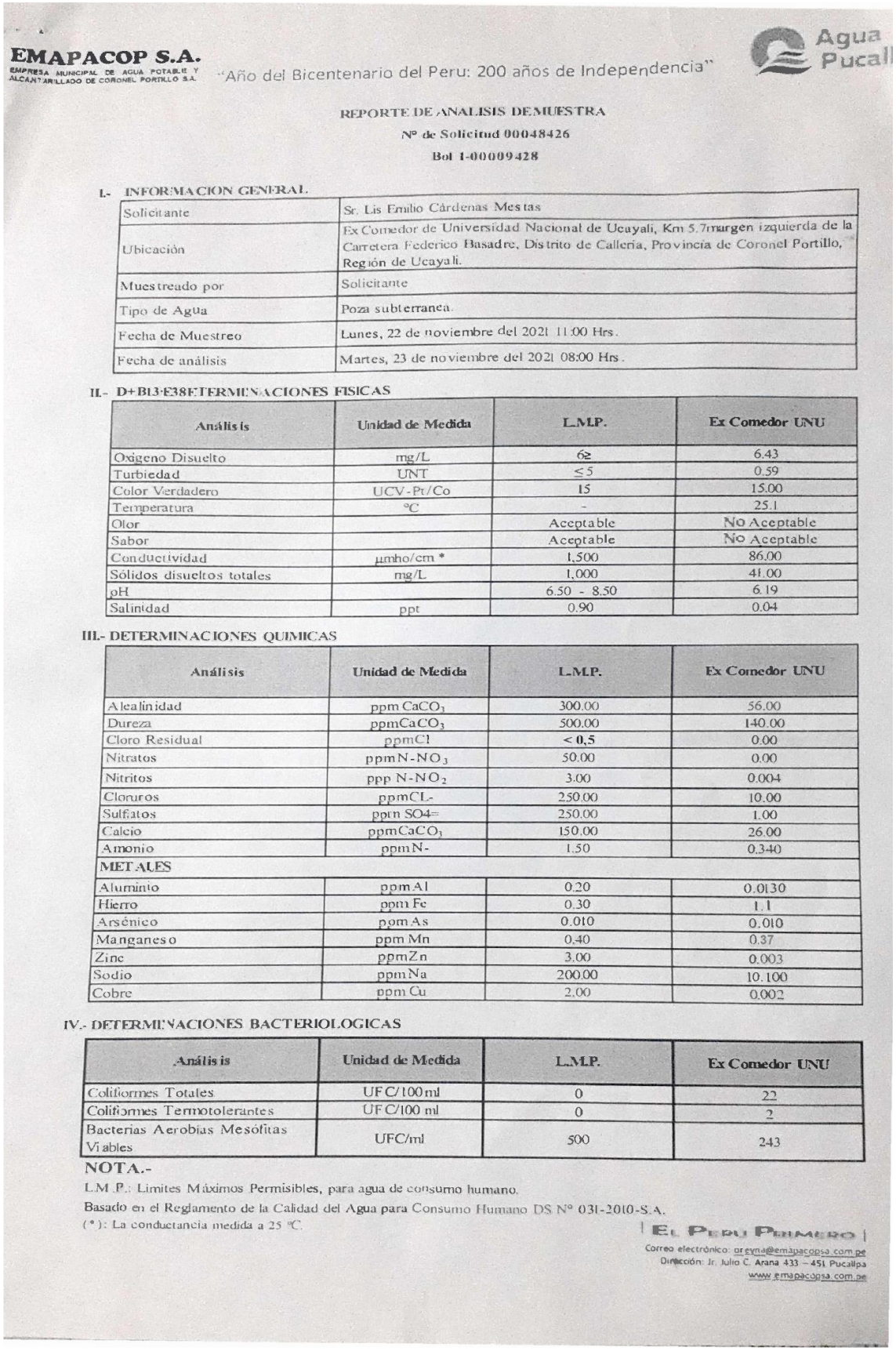


Figura 67. Determinación de mayor cantidad de hierros de las muestras de agua



Figura 68. Muestra de agua con mayor cantidad de hierro enviada a analizar a la empresa EMAPACOPSA



EMAPACOP S.A.
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CORONEL PORTILLO S.A.

"Año del Bicentenario del Peru: 200 años de Independencia"

Agua Pucal

REPORTE DE ANALISIS DEMUESTRA

Nº de Solicitud 00048426

Bol 1-00009428

I.- INFORMACION GENERAL

Solicitante	Sr. Lis Emilio Cárdenas Mestas
Ubicación	Ex Comedor de Universidad Nacional de Ucayali, Km 5.7margen izquierda de la Carretera Federico Basadre, Distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali.
Muestreado por	Solicitante
Tipo de Agua	Poza subterranea.
Fecha de Muestreo	Lunes, 22 de noviembre del 2021 11:00 Hrs.
Fecha de análisis	Martes, 23 de noviembre del 2021 08:00 Hrs.

II.- D+B13·E38ETERMINACIONES FISICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Ex Comedor UNU
Oxigeno Disuelto	mg/L	6≥	6.43
Turbiedad	UNT	≤5	0.59
Color Verdadero	UCV-Pt/Co	15	15.00
Temperatura	°C	-	25.1
Olor		Aceptable	No Aceptable
Sabor		Aceptable	No Aceptable
Conductividad	µmho/cm *	1,500	86.00
Sólidos disueltos totales	mg/L	1,000	41.00
pH		6.50 - 8.50	6.19
Salinidad	ppt	0.90	0.04

III.- DETERMINACIONES QUIMICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Ex Comedor UNU
Alcalinidad	ppm $CaCO_3$	300.00	56.00
Dureza	ppm$CaCO_3$	500.00	140.00
Cloro Residual	ppmCl	**< 0,5**	0.00
Nitratos	ppmN-NO_3	50.00	0.00
Nitritos	ppp N-NO_2	3.00	0.004
Cloruros	ppmCL-	250.00	10.00
Sulfatos	ppm SO4=	250.00	1.00
Calcio	ppm$CaCO_3$	150.00	26.00
Amonio	ppmN-	1.50	0.340
METALES			
Aluminio	ppm Al	0.20	0.0130
Hierro	ppm Fe	0.30	1.1
Arsénico	ppm As	0.010	0.010
Manganeso	ppm Mn	0.40	0.37
Zinc	ppmZn	3.00	0.003
Sodio	ppmNa	200.00	10.100
Cobre	ppm Cu	2.00	0.002

IV.- DETERMINACIONES BACTERIOLOGICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Ex Comedor UNU
Coliformes Totales	UFC/100ml	0	22
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 ml	0	2
Bacterias Aerobias Mesófitas Viables	UFC/ml	500	243

NOTA.-

L.M.P.: Limites Máximos Permisibles, para agua de consumo humano.

Basado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS Nº 031-2010-S.A.

(*): La conductancia medida a 25 °C.

EL PERU PRIMERO

Correo electrónico: oreyna@emapacopsa.com.pe
Dirección: Jr. Julio C. Arana 433 – 451 Pucallpa
www.emapacopsa.com.pe

Figura 69. Resultados de análisis de agua del Ex Comedor realizada por empresa EMAPACOPSA

EMAPACOP S.A.
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CORONEL PORTILLO S.A.

"Año del Bicentenario del Peru: 200 años de Independencia"

Agua Pucallpa

REPORTE DE ANALISIS DE MUESTRA

N° de Solicitud 00048687

Bol 1-00009649

I.- INFORMACION GENERAL

Solicitante	Sr. Luis Emilio Cárdenas Mestas
Ubicación	Ex Comedor de Universidad Nacional de Ucayali, Km 5.7 margen izquierda de la Carretera Federico Basadre, Distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali.
Muestreado por	Solicitante
Tipo de Agua	Poza subterranea.
Fecha de Muestreo	Lunes, 07 de diciembre del 2021 15:15 Hrs.
Fecha de análisis	Lunes, 07 de diciembre del 2021 16:30 Hrs.

II.- D+B13:E38ETERMINACIONES FISICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Ex Comedor UNU
Oxigeno Disuelto	mg/L	6≥	8.05
Turbiedad	UNT	≤ 5	0.94
Color Verdadero	UCV - Pt/Co	15	21.00
Temperatura	°C	-	26.4
Olor		Aceptable	Aceptable
Sabor		Aceptable	Aceptable
Conductividad	µmho/cm *	1,500	520.00
Sólidos disueltos totales	mg/L	1,000	245.00
pH		6.50 - 8.50	3.16
Salinidad	ppt	0.90	0.24

III.- DETERMINACIONES QUIMICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Ex Comedor UNU
Alcalinidad	ppm $CaCO_3$	300.00	200.00
Dureza	ppm $CaCO_3$	500.00	76.00
Cloro Residual	ppm Cl	< 0,5	0.00
Nitratos	ppm N - NO_3	50.00	0.30
Nitritos	ppp N - NO_2	3.00	0.000
Cloruros	ppm CL-	250.00	14.90
Sulfatos	ppm SO4=	250.00	0.00
Calcio	ppm $CaCO_3$	150.00	34.00
Amonio	ppm N-	1.50	1.330
METALES			
Aluminio	ppm Al	0.20	0.0030
Hierro	ppm Fe	0.30	0.29
Arsénico	ppm As	0.010	---
Manganeso	ppm Mn	0.40	0.063
Zinc	ppm Zn	3.00	---
Sodio	ppm Na	200.00	3.460
Cobre	ppm Cu	2.00	0.070

IV.- DETERMINACIONES BACTERIOLOGICAS

Análisis	Unidad de Medida	L.M.P.	Ex Comedor UNU
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	22
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 ml	0	0
Bacterias Aerobias Mesófitas Viables	UFC/ml	500	212

NOTA.-

L.M.P.: Limites Máximos Permisibles, para agua de consumo humano.

Basado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

(*) : La conductancia medida a 25 °C.

EL PERU PRIMERO
Correo electrónico: oreyna@emapacopsa.com.pe
Dirección: Jr. Julio C. Arana 433 – 451 Pucallpa
www.emapacopsa.com.pe

Figura 70. Resultados de análisis de agua después del tratamiento con el carbón activado del Ex Comedor realizada por empresa EMAPACOPSA