UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

DOSIS DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO BELLACO VARIEDAD HARTÓN (*Musa paradisiaca variedad Hartón)* EN LA DESCONTAMINACIÓN DEL AGUA DE LA LAGUNA DE CASHIBOCOCHA COMPARADO CON EL CARBÓN ACTIVADO COMERCIAL EN PUCALLPA, UCAYALI 2016.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

GUSTAVO HANGER ROMERO GUERRERO

PUCALLPA – PERÚ

2017

DEDICATORIA.

A mis padres Herminio Romero Briceño y Carmen Guerrero Espinoza por su abnegación, su incondicional apoyo, por sus mejores consejos y sobre todo su compresión así también a mis hermanos Indira, Manuel, Ronald y Edson para todos ellos con mucho amor y

A Fidel Guerrero Espinoza y María Chuco de Guerrero, mis tíos que me dieron sus consejos me guiaron e interceden por mí en cada momento. A mis primos quienes fueron de mucha admiración y consideración.

A Romy Mestanza Valera, quien es testigo del amor mutuo, siendo ayuda idónea y agradezco a Dios por la felicidad en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO.

Expreso mi más sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas que han contribuido en la ejecución de la presente tesis:

Agradezco a Dios por la bendición infinita durante todo el tiempo de vida estudiantil.

A la Universidad Nacional de Ucayali, gracias por el apoyo institucional para desarrollarme profesionalmente.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de mi casa universitaria, por sus conocimientos vertidos en mi preparación profesional.

A la Ing. Rita Riva Ruiz quien es asesora de la presente tesis, por las ideas, consejos y los aportes fundamentales para la elaboración y desarrollo de este proyecto.

A mi co-asesora y catedrática Ing. Cristina Quiñones Ruiz, por su apoyo y constancia, sus valiosas sugerencias, su tiempo y su confianza durante el tiempo de enseñanza y apoyo en la ejecución del proyecto.

Al Ing. Edgard Vicente Santa Cruz, por darme pautas específicas para el desarrollo profesional y personal apoyándome en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el título de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Raúl Armando Pilco Panduro …….
Presidente

Ing. Melchor Herbert Dolmos Castro, Mg …….
Secretario

Ing. Roger Panduro Bartra, M.Sc ..……
Miembro

Ing. Rita Riva Ruiz …….. .....
Asesor

Bach. Gustavo Hanger Romero Guerrero ……..……
Tesista

ÍNDICE.

Pág.

RESUMEN..... x

LISTADE TABLAS…..……..... xiv

LISTA DE FIGURAS…….....…. xxii

I. INTRODUCCIÓN……...……...……... 1

II. REVISIÓN DE LITERATURA…….…….. 3

2.1. Antecedentes……...…..... 4

2.2. Definiciones……..... 5

2.2.1. Descripción de materia prima…….…. 5

2.2.2. Clasificación taxonómica…….. 6

2.2.3. Composición química del plátano……..….. 6

2.3. Cáscara de plátano……..….. 8

2.4. Composición nutricional de la cáscara de plátano verde y maduro.... 8

2.5. Adsorción……..... 9

2.5.1. Adsorbentes naturales…….. 10

2.5.2. Absorbentes químicos……... 11

2.5.2.1. Carbón activado…….. 11

2.5.2.2. Fundamento de absorción de carbón activado..... 11

2.6. Aguas superficiales..... 11

2.6.1. Aguas lénticas..... 11

2.6.1.1. Zonas de laguna..... 11

2.7. Laguna de Cashibococha..... 12

2.8. Indicadores de calidad del agua. ……..... 12

2.9. Límites máximos permisibles de aguas de laguna. ……..... 13

2.10. Parámetros analizables en aguas provenientes de laguna..... 15

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA. ……..... 17

3.1. Materiales. ……..... 17

3.1.1. Equipos de campo. ……..... 17

3.1.2. Equipos, materiales, insumos y reactivos de laboratorio..... 17

3.1.2.1. Equipos..... 17

3.1.2.2. Materiales de laboratorio..... 20

3.1.2.3. Insumos..... 20

3.1.2.4. Reactivos químicos..... 20

3.1.2.5. Materiales y equipos de gabinete..... 21

3.2. Metodología..... 21

3.2.1. Descripción del área de estudio..... 21

3.2.2. Lugar de ejecución..... 22

3.2.3. Método de investigación..... 23

3.2.4. Población y muestra..... 23

3.2.5. Componentes estudiados..... 24

3.2.5.1. Variables independientes..... 24

3.2.5.2. Variables dependientes..... 25

3.3. Procedimiento..... 25

3.3.1. Diseño de muestreo..... 26

3.3.2. Diseño de la investigación..... 26

3.3.3. Procedimiento en campo..... 30

3.3.3.1. Selección del área de estudio..... 30

3.3.3.2. Identificación del punto de muestreo..... 30

3.3.3.3. Determinación de variables hidráulicas..... 31

3.3.3.4. Toma de muestras de agua de la laguna de Cashibococha..... 31

3.3.3.5. Pre-filtración de agua de la laguna de Cashibococha..... 31

3.3.4. Procedimiento en laboratorio..... 32

3.3.4.1. Elaboración de harina de cáscara de plátano bellaco variedad Hartón..... 32

3.3.4.2. Acoplamiento e Instalación de equipo simulador en laboratorio..... 32

3.3.4.3. Interacción de la harina de cáscara de plátano bellaco variedad hartón (bioadsorbente) y del carbón activado comercial (adsorbente testigo)..... 32

3.3.4.4. Toma de muestras de agua para la evaluación de reducción de contaminantes (coliformes, conductibilidad eléctrica, sólidos disueltos totales, turbiedad y pH)..... 33

3.3.4.5. Procedimientos de parámetros evaluados en laboratorio..... 33

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES... 41

4.1. Calidad de agua..... 41

4.1.1. Propiedades microbiológicas (Coliformes Totales Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio..... 41

4.1.2. Propiedades fisicoquímicas (Conductibilidad Eléctrica Vs Tiempo) en los tratamientos en estudio..... 47

4.1.3. Propiedades fisicoquímicas (Solidos Disueltos Totales Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio..... 54

4.1.4. Propiedades fisicoquímicas (Turbiedad Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio..... 62

4.1.5. Propiedades fisicoquímicas (pH Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio..... 71

V.CONCLUSIONES..... 80

VI. RECOMENDACIONES..... 81

VII. BIBLIOGRAFIA..... 82

VIII. ANEXO..... 86

RESUMEN.

El presente estudio es reducir los niveles de contaminación del agua de la laguna de Cashibococha que se encuentra ubicada a 19 Km de la carretera Federico Basadre de la ciudad de Pucallpa, departamento de Ucayali entre las coordenadas 08°19’59’’ de latitud sur y 074°39’1’’ de longitud oeste, utilizando harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón como agente bioadsorbente. La duración del estudio fue de 9 meses, iniciándose en el mes Octubre del 2016 y finalizando en el mes de Junio del 2017.

Para evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes se hizo la toma de muestras de la laguna a 5 metros de distancia de la orilla a una profundidad de 50 cm para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se evaluó la interacción de la harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón (Mh) en relación con su capacidad de bioadsorción. Así mismo se contó con un testigo de comparación que fue el carbón activado comercial (Mc) para la comparación de parámetros en tiempos de 24, 48 y 72 horas.

Los parámetros evaluados fueron pH, conductibilidad eléctrica, sólidos disueltos totales, turbidez y temperatura. Los parámetros que reportaron mayor eficiencia fueron el pH que se redujo hasta un 27.1%, conductibilidad eléctrica aumento en 90.1%, sólidos disueltos totales incremento en 87.2%, turbiedad aumentó en 86.2%, evidenciándose durante el tiempo de interacción de 48 y 72 horas una reducción paulatina. La remoción de coliformes totales con harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón fue de 75.5%. Finalmente, se

observó que la sustancia en estudio tiene una gran capacidad de bioadsorción en la descontaminación de cuerpos de agua; alcanzando a 225.7 ufc que representa un 41.6% de nuestro testigo de comparación, este resultado consideramos muy alentador dada esta primera exploración que demanda condiciones propicias que tiendan a aproximarse a los resultados que comercialmente se utilizan con el carbón activado.

Palabras claves. Descontaminación de cuerpos de agua, bioadsorción, adsorción, harina de plátano y reciclamiento ambiental.

ABSTRACT.

The present study is to reduce the water contamination levels of the Cashibococha lagoon located 19 km from the Federico Basadre highway in the city of Pucallpa, Ucayali department between the coordinates 08 ° 19'59 " south latitude and 074 ° 39'1 " west longitude, using Hartón variety banana variety as bioadsorbent agent. The duration of the study was 9 months, starting in October 2016 and ending in June 2017.

In order to evaluate the pollutant removal efficiency, samples were taken from the lagoon 5 meters away from the shore at a depth of 50 cm to perform the physicochemical and microbiological analyzes. The interaction of the banana peel flour hornet green Harton variety (Mh) in relation to its bioadsorption ability. A comparison control was also used, which was the commercial activated carbon (Mc) for comparison of parameters at times of 24, 48 and 72 hours.

The parameters evaluated were pH, electrical conductivity, total dissolved solids, turbidity and temperature. The parameters that reported higher efficiency were the pH reduced to 27.1%, electrical conductivity increased by 90.1%, total dissolved solids increased by 87.2%, turbidity increased by 86.2%, evidencing during the interaction time of 48 and 72 hours a gradual reduction. The removal of total coliforms with Hartón variety banana hull meal was 75.5%. Finally, it was observed that the substance under study has a great capacity of bioadsorción in the decontamination of bodies of water; reaching 225.7 cfu representing 41.6% of our comparison control, this result is considered very encouraging given this first

exploration that demands favorable conditions that tend to approximate the results that are commercially used with the activated carbon.

Keywords. Decontamination of bodies of water, bioadsorption, adsorption, banana meal and environmental recycling.

LISTA DE TABLAS.

EN EL TEXTO: Pág.

Tabla 1. Composición química del plátano..... 7

Tabla 2. Composición nutricional de plátano verde y maduro..... 9

Tabla 3. Parámetros de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable..... 16

Tabla 4. Equipos de laboratorio..... 20

Tabla 5. Especificaciones de parámetros..... 38

Tabla 6. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad hartón..... 43

Tabla 7. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cascara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 44

Tabla 8. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 44

Tabla 9. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cascara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 45

Tabla 10. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 46

Tabla 11. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 46

Tabla 12. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de Coliformes totales con el D.S N°015-2015-MINAM..... 48

Tabla 13. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 51

Tabla 14. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 51

Tabla 15. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 52

Tabla 16. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 53

Tabla 17. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 53

Tabla 18. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 54

Tabla 19. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de Conductibilidad Eléctrica con el D.S N°015-2015-MINAM..... 55

Tabla 20. Pruebas de múltiple rangos para solidos disueltos totales por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 58

Tabla 21. Pruebas de múltiple rangos para solidos disueltos totales por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 59

Tabla 22. Pruebas de múltiple rangos para solidos disueltos totales por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 59

Tabla 23. Pruebas de múltiple rangos para Solidos disueltos totales por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 60

Tabla 24. Pruebas de múltiple rangos para Solidos disueltos totales por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 61

Tabla 25. Pruebas de múltiple rangos para Solidos disueltos totales por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 61

Tabla 26. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de Solidos Disueltos Totales con el D.S N°015-2015-MINAM..... 63

Tabla 27. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 66

Tabla 28. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 67

Tabla 29. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 67

Tabla 30. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 69

Tabla 31. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 69

Tabla 32. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 69

Tabla 33. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 gr y 20 gr de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de Turbiedad con el D.S N°015-2015-MINAM..... 70

Tabla 34. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 74

Tabla 35. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 74

Tabla 36. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 75

Tabla 37. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 76

Tabla 38. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 76

Tabla 39. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 77

Tabla 40. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de pH con el D.S N°015-2015-MINAM..... 78

EN EL ANEXO:

Tabla 1A. Contenido de humedad de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad hartón..... 88

Tabla 2A. Rendimiento de la harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón (Musa paradisiaca variedad hartón)..... 88

Tabla 3A. Costo de producción de la harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón (Musa paradisiaca variedad Hartón).... 88

Tabla 4A. Analisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para coliformes totales – suma de cuadrados tipo III – anova multifactorial..... 92

Tabla 5A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para conductibilidad eléctrica – suma de cuadrados tipo III - Anova multifactorial..... 92

Tabla 6A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para solidos disueltos totales – suma de cuadrados tipo III - Anova multifactorial..... 93

Tabla 7A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para turbiedad – suma de cuadrados tipo III - Anova multifactorial..... 93

Tabla 8A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para pH – suma de cuadrados tipo III - Anova multifactorial..... 94

Tabla 9A. Contenido de datos analizados en el programa Statgraphics – Anova multifactorial..... 96

LISTA DE FIGURAS.

EN EL TEXTO: Pág.

Figura 1. Localización de la laguna de Cashibococha..... 24

Figura 2. Vista panorámica de relieve de la laguna de Cashibococha..... 26

Figura 3. Coliformes Totales en la muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas..... 42

Figura 4. Conductibilidad Eléctrica en las muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas..... 50

Figura 5. Solidos Disueltos Totales en las muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas 57

Figura 6. Turbiedad en las muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas..... 65

Figura 7. pH en las muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas 72

EN EL ANEXO:

Figura 1A. Secado I para reducir la humedad de la Cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 88

Figura 2A. Secado II para optimizar la humedad de la Cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 88

Figura 3A. Molienda de la cascara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 88

Figura 4A. Almacenamiento de la harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón..... 88

Figura 5A. Pesado del bioadsorbente y adsorbente testigo para la interacción con agua de laguna de Cashibococha..... 89

Figura 6A. Toma de muestras de la laguna de Cashibococha..... 89

Figura 7A. Simulación de la interacción de bioadsorbente y adsorbente testigo en la descontaminación del agua de la laguna de Cashibococha..... 89

Figura 8A. Toma de muestras de la laguna de Cashibococha en simuladores para la interacción del bioadsorbente y adsorbente testigo..... 89

I. INTRODUCCIÓN.

En el Perú la contaminación de aguas de lagos y lagunas procedentes de centros urbanos, industria o incluso de recepciones menos visibles como lixiviados de líquidos procedentes de tierras agrícolas, ha sido un problema que desde la antigüedad preocupa a las comunidades. La descontaminación de aguas de laguna, es una de las necesidades principales de la sociedad moderna debido al peligro que significa la captación sin previo tratamiento de estas aguas; sin embargo, en los países en vías de desarrollo los métodos convencionales usados para el tratamiento de las aguas de lagos y lagunas son muy costosas, por la alta inversión inicial, complejidad económica y sobre todo demandan altos costos de operación y mantenimiento.

Los sistemas de tratamientos de aguas con secado y molienda de residuos orgánicos son una alternativa eficiente y económica para el reciclamiento de los residuos agroindustriales en el tratamiento de aguas de lagunas, la remoción de microorganismos y contaminantes fisicoquímicos, debido a sus bajos costos de producción, operación y mantenimiento frente a los sistemas convencionales actuales.

La laguna de Cashibococha ubicada en el departamento de Ucayali, tiene poblaciones aledañas que disponen de agua no apta para su consumo, suministrando estas aguas vía pozos cuya fuente subterránea proviene de las escorrentías subterráneas del lago contaminado; esta amenaza para la salud demanda una solución oportuna por lo cual el proyecto busca reducir los niveles de

contaminación del agua de la laguna y por ello, se aprobó y autorizó la ejecución de este proyecto centrado en la utilización de harina de cáscara de plátano verde variedad Hartón, con la finalidad de evaluar la calidad de agua atraves de los análisis fisicoquímicas y microbiológicas en la interacción de la harina con las aguas de la laguna en estudio, así mismo reducir los niveles de contaminación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Antecedentes.

NAVARRETE (2014), en el trabajo de investigación denominado "Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante", elaboró carbón activado a partir de tres diferentes residuos orgánicos (cáscara de plátano, cascarilla de arroz y pepa de zapote) y evaluó las características físicas y químicas concluyendo que la cascarilla del arroz tiene un mayor rendimiento, con un porcentaje del 84% de la materia prima inicial. El contenido de humedad, la densidad aparente y el tamaño efectivo son parámetros en común de los tres carbonos obtenidos, los cuales cumplen con los rangos normados para un carbón activo granular donde los resultados más relevantes de remoción fueron turbidez 93.8%, demanda bioquímica de oxígeno 77.8%, dureza total 95%, coliformes totales 100 %, arsénico 94.6% y cobre 92.5%.

SILVA (2013), en su estudio denominado "Cáscara de plátano como adsorbente para la remoción de Atrazina y Ametrina del agua" explora el uso de la cáscara de plátano para adsorber los pesticidas Atrazina y Ametrina a nivel de laboratorio. La biomasa fue sometida a un pre tratamiento de bajo costo que consistió en secado de la cáscara de plátano a 60º C por 5 días. Se evaluó la adsorción (adsorber) de los pesticidas en concentraciones de 35.8 y 54.1 µg/g para Atrazina y Ametrina respectivamente. Los resultados fueron favorables, con una remoción mayor al 90% para los dos pesticidas. En cuanto a la desorción, fue posible recuperar el 31.5% de Ametrina y 47.5% de Atrazina.

HOSSAIN (2012), en el trabajo de investigación denominado “Remoción de cobre del agua por adsorción utilizando cáscaras de plátano como bioadsorbente”, realizó un pre tratamiento sobre la cáscara de plátano, que consistió en lavado, secado y tamizado para la remoción de cobre. Los parámetros de control fueron el tamaño de la partícula, la dosis de bioadsorbente, pH, tiempo de contacto, velocidad de agitación y la temperatura. La capacidad de adsorción de la monocapa resultó ser de 27.78 mg/g. También se llevó a cabo el proceso de desorción en el que, con el solvente ácido sulfúrico 0.1 N se logró una desorción de cobre del 94%, y el proceso de adsorción-desorción pudo ser repetido siete veces de manera eficiente.

RODRIGUES (2009), en el trabajo investigación denominado “Polvo de cáscara de plátano: Un bioadsorbente de bajo costo para metales pesados”, evaluó la posibilidad del aprovechamiento de la cáscara de plátano para remover metales pesados del agua, empleando un pre tratamiento sencillo que constó de secado en estufa por 24 horas, trituración, tamizado y lavado con HCl de la cáscara de plátano. Las mayores remociones obtenidas fueron en el siguiente orden: 10.77 mg/g de Cu, 13.06 mg/g de Zn, 15.34 mg/g de Cd y 34.16 mg/g. Se empleó HCl 0.01 M como para desorber los metales de la cáscara. La regeneración puede ser realizada por lo menos 20 veces sin la pérdida superior al 2% en las capacidades de adsorción.

COSTA (1992), en el trabajo de investigación denominado “Uso de la cáscara de plátano como bioadsorbente en lecho diferencial en la adsorción de compuestos orgánicos” utilizó la cáscara de plátano como bioadsorbente para la purificación de cuerpos acuáticos contaminados por derivados de petróleo, tales como óleo, diésel y gasolina. La cáscara de plátano fue secada al sol,

triturada y tamizada. A diferencia de los otros antecedentes, la biosorción fue probada en sistema de lecho diferencial, donde el tiempo de contacto entre la biomasa y el agua contaminada varió de 1 a 120 minutos, dependiendo de la concentración inicial del contaminante. Los resultados de la adsorción demostraron la eficiencia de la cáscara de plátano como bioadsorbente, obteniendo una extracción del 100% del contaminante para concentraciones bajas (de 1 a 3%), y de hasta 95% para concentraciones altas (5%).

2.2. Definiciones.

2.2.1. Descripción de materia prima.

El nombre de plátano, banano, cambur o guineo agrupa a un gran número de plantas herbáceas del género Musa, tanto híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres del género Musa acuminata y Musa balbisiana como cultivares genéticamente puros de estas especies. Clasificado originalmente por Carlos Linneo como Musa paradisiaca en 1753, estudios posteriores han llevado a la conclusión de que la compleja taxonomía del género Musa incluye numerosos híbridos, de variada composición genética, y se ha desarrollado un sistema estrictamente sui géneris de clasificación para dar cuenta de esta variación. Sin embargo, de acuerdo a las reglas del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, el nombre linneano cuenta con prioridad, y sigue siendo usado, tanto en su forma original como en la modificada Musa x paradisiaca, que indica que se trata de un híbrido, para designar genéricamente a estas variedades (CÁRDENAS, 2001).

2.2.2. Clasificación taxonómica.

Según (SIMMONDS, 1973) la clasificación del plátano bellaco variedad Hartón es:

- Reino : Plantae.
- División: Magnoliophyta.
- Clase: Liliopsida.
- Orden : Zingiberales.
- Familia: Musaceae.
- Género: Musa.
- Especie: M. × paradisiaca.

2.2.3. Composición química del plátano.

De acuerdo a las tablas peruanas de composición de los alimentos (2009), la composición química del plátano se representa en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química del plátano.

Componentes	Unidades	Tablas peruanas
Energía	Kcal	152
Energía	kJ	636
Agua	g	57
Proteínas	g	1.0
Grasa total	g	0.2
Carbohidratos totales	g	40.9
Carbohidratos disponibles	g	38.6
Fibra dietaría	g	2,3
Calcio	mg	8
Fosforo	mg	43
Zinc	mg	0.14
Hierro	mg	0.50
Retinol	ug	130
B-Caroteno (vitamina A)	ug	56.9
Tiamina (vitamina B)	mg	0,09
Riboflavina (vitamina B_2)	mg	0,14
Niacina	mg	0.62
Ácido Ascórbico(vitamina C)	mg	10.40

Fuente: Tablas peruanas de composición de los alimentos (2009).

2.3. Cáscara de plátano.

La cáscara de plátano tiene grandes áreas superficiales, altas capacidades de expansión de su estructura, excelente resistencia mecánica y gran potencial para adsorber metales pesados. Las paredes celulares de estos materiales contienen muchos y diferentes tipos de grupos funcionales como amino, carboxílico, hidroxilo, fosfato y tiol que son capaces de adherir metales pesados en su superficie, los mismos que difieren en su afinidad al momento de unirse a los diferentes metales. Se pueden usar como un excelente descontaminante iónico mediante el principio de adsorción selectiva de metales pesados, además de ser un residuo de industrias y hogares que es normalmente descartado como basura. Las cáscaras de plátano pueden adsorber los metales pesados, al reducir en muchos casos el número de valencia de ciertos elementos como el Cr^{+3}. Pueden ser secados y pulverizados para luego ser usados como material particulado o formar pallets (PINZÓN, 2008).

2.4. Composición nutricional de la cáscara de plátano verde y maduro.

Según Tartrakoon (1999), señala que la cáscara de plátano verde y maduro tiene la siguiente composición nutricional.

Tabla 2. Composición nutricional de plátano verde y maduro.

Componentes nutricionales	Cáscara de plátano verde	Cáscara de plátano maduro
Humedad %	91, 62	95,66
Proteína cruda %	5,19	4,77
Fibra Cruda %	11,58	11,95
Energía bruta, Kcal	4383	4592
Calcio %	0,37	0,36
Fosforo %	0,28	0,23
Ceniza %	16,30	14,58

Fuente: Tartrakon, 1999.

2.5. Adsorción.

PINZÓN (2008), menciona que el sistema de adsorción es el resultado de la atracción entre las moléculas de la superficie del sólido y las del fluido. En los procesos de adsorción, al soluto retenido se le denomina adsorbato y el sólido sobre el que se retiene es el adsorbente o simplemente sorbente. Como adsorbentes se utilizan sólidos que se presentan una gran superficie de contacto, y en general suelen ser porosos. El uso de sólidos para remover sustancias gaseosas o soluciones líquidas se conoce como adsorción. En donde las moléculas de sustancias en forma de gases o en fase líquida se adhieren a un sustrato sólido, el cual puede ser removido con un post-tratamiento. Un adsorbente tiene gran porosidad y su eficiencia depende de su área superficial. Los biosorbentes son materiales derivados de microorganismos, bacterias, hongos, algas marinas, plantas o algunos

polímeros naturales. Estos biosorbentes para ser aplicados necesitan ser pretratados químicamente para tener una mejor capacidad de adsorción en los procesos de aplicación como remoción de metales pesados o recuperación de especies metálicas en solución.

2.5.1. Adsorbentes naturales.

- **Turba.**

Es considerado como material con alto contenido de carbono y bajo contenido de componentes inorgánicos. Se considera a la turba como la acumulación de sustancias orgánicas derivadas preferentemente de materia vegetal, en áreas húmedas de ambiente reductor como pantanos y ciénagas. Se distingue de las otras variedades de suelos orgánicos por su bajo contenido de materia inorgánica, menor al 25% de su peso. Mantiene un poder calorífico más bajo que el de otros materiales fitogenéticos como lignito y carbón. Además, su naturaleza puede proceder del musgo, hierba, madera, las mismas que pueden mantener alto contenido (turba eutrófica) o pobre contenido de celulosa y rica en sustancias húmicas (turba oligotrófica) (BENAVIDES, 2015).

- **Tagua.**

La tagua es una palma, que popularmente se la conoce como marfil vegetal y se encuentra en la zona subtropical de la cordillera andina. La misma es una almendra celulósica compleja sostenida dentro de la semilla de tagua, la cual tiene alto grado de dureza, es de color blanco, es inodora e insípida. La tagua es un material que ayuda a la eliminación de Cr^{6+} a partir de soluciones acuosas y utilizando técnicas de proceso por lotes o de columna. Ensayos de lotes muestra que a pH 1, 5 a 5 la eliminación de Cr^{6+} es

eficaz, las cuales oscilan entre 29 y 14 mg de Cromo por gramo de sustrato. Este adsorbente se utiliza para eliminación de Cr^{6+} a una concentración de 10 - 100mg/g y temperatura de 10 - 80°C y tiempo de contacto 30 minutos se obtiene una capacidad máxima de adsorción de 22,96 mg/g y tiempo de contacto de 30 minutos (BENAVIDES, 2015).

2.5.2. Absorbentes químicos.

2.5.2.1. Carbón activado.

El carbón activado o carbón activo es carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Lo hace con tal efectividad, que es el purificante más utilizado por el ser humano (CARBOTECNIA, 2014).

2.5.2.2. Fundamento de absorción de carbón activado.

Cualquier partícula de carbón tiene la capacidad de adsorber. Es por ello que algunas personas colocan carbón de leña en el refrigerador para eliminar los olores. Lo mismo sucede si se coloca carbón en un recipiente con agua: elimina color, sabor y olor. O bien, en el campo, las personas queman tortilla y la ingieren para aliviarse de problemas digestivos (como infecciones ligeras, indigestión o flatulencia). Activar un carbón consiste en hacerlo poroso para ampliar su capacidad de adsorción. Un gramo de carbón de leña tiene un área superficial de alrededor de 50 m^2. Con la activación, ésta llega a 600 u 800 m^2. Es decir, aumenta entre 12 y 16 veces. Los átomos de carbono que forman un sólido al que llamamos “carbón”, se ligan entre sí mediante uniones de tipo covalente. Cada átomo comparte un electrón con otros cuatro átomos de carbono (hay que recordar que en las uniones iónicas, el átomo más electronegativo le roba uno o más electrones al otro). Los

átomos que no están en la superficie, distribuyen sus cuatro uniones en todas las direcciones. Pero los átomos superficiales, aunque están ligados con otros cuatro, se ven obligados a hacerlo en menor espacio, y queda en ellos un desequilibrio de fuerzas. Ese desequilibrio es el que los lleva a atrapar una molécula del fluido que rodea al carbón. La fuerza con la que el átomo superficial de carbono atrapa a la otra, se llama “Fuerza de London”, que es uno de los siete tipos de “fuerzas de Van der Waals”. Se considera una unión fisicoquímica, suficientemente fuerte para retener al adsorbato, pero no tan fuerte como para considerarla una unión química irreversible que forma una nueva estructura molecular. Por ello, la adsorción es reversible y el carbón activado puede reactivarse para utilizarse de nuevo. Las moléculas que adsorbe el carbón tienden a ser covalentes; no iónicas, pues estas últimas tratarían de robar o de donar electrones a los átomos de carbono. Las uniones entre átomos de carbono e hidrógeno son covalentes, y es por ello que el carbón es un buen adsorbente de moléculas orgánicas (CARBOTECNIA, 2014).

2.6. Aguas superficiales.

Aguas superficiales son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse en forma correntosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios, océanos y mares. Para propósitos regulatorios, suele definirse al

agua superficial como toda agua abierta a la atmósfera y sujeta a escorrentía superficial (BRIÑEZ, 2011)

2.6.1. Aguas lénticas.

Se denominan aguas lénticas a las interiores quietas o estancadas tales como los lagos, lagunas, charcas, humedales y pantanos (BRIÑEZ, 2011).

2.6.1.1. Zonas de laguna.

- ✓ Zona litoral: esta contiene vegetación de raíces a lo largo de la playa y es la más superficial.
- ✓ Zona limnetica: es una zona menos superficial, y está dominada por plancton algo de peces como la perca amarilla y escarabajos acuáticos.
- ✓ Zona profunda: en esta zona solo encontramos organismos heterótrofos.
- ✓ Zona béntica: en esta zona se encuentran organismos como almejas y sanguijuelas (BRIÑEZ, 2011).

2.7. Laguna de Cashibococha.

La laguna de Cashibococha se ubica en el Departamento de Ucayali, la Provincia Coronel Portillo, Distrito de Yarinacocha, entre los meridianos 74º 40h 42min 51,2seg y 74º 36h 25min 42,7seg y los paralelos 8º 14h 59min 59,7seg y 8º 23h 34min 16,7seg. Tiene un área de 453 ha, con largos de 6500 m y anchos que varían de 80 a 350 m, perímetro de 26 km. Dentro del sistema de captación de agua pluvial, posee una cuenca de 27,261 ha. Toda esta agua al llegar a la laguna sale por un solo caño denominado Caño de Cashibo, que desemboca en la laguna de Yarinacocha (PIMENTEL, 1997). SAMANÉZ (1996) Reporta alta diversidad de especies en la laguna de Cashibococha, tanto de plancton, peces y macrófitas, advirtiendo sobre la paulatina deforestación

ribereña y el uso de herbicidas que atentarían contra la diversidad biológica del ecosistema e incluso la salud de sus pobladores, por sus efectos secundarios.

2.8. Indicadores de calidad del agua.

Son parámetros físicos, químicos o biológicos que proporcionan una medida de la misma y permiten evaluar cualitativamente los cambios que las diferentes aplicaciones del agua pueden originar en su calidad (VISCARRA, 2002).

2.9. Límites máximos permisibles de aguas de laguna.

Los Límite Máximo Permisible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Se estable limites según el D.S No.015-2015-MINAM.

Tabla 3. Parámetros de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

Parámetro	Unid.	Aguas superficiales destinadas a la producción de aguas potable		
		A1	**A2**	**A3**
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	**Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional**	**Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado**
Coliformes totales	NMP/100 ml	50	5000	50000
Conductibilidad	uS/cm	1500	1600	**
Solidos disueltos totales	mg/L	1000	1000	1500
Turbiedad	UNT	5	100	**
pH	unidad de pH	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Temperatura	°C	▲3	▲3	**

Fuente: (No.015-MINAM, 2015).

- UNT : Unidad nefelometrica de Turbiedad
- NMP/100 ml : Número más probable en 100 ml.
- ** : No parámetro para la sub categoría

2.10. Parámetros analizables en aguas provenientes de laguna.

Son aquellos parámetros que se determinan a través de análisis de campo como en laboratorio, su importancia radica en los efectos que producen todos estos sobre los organismos acuáticos ya sean estos, vegetales o animales. Sin embargo se tomaran en cuenta los parámetros de control obligatorio (PCO) que son los siguientes:

Coliformes totales (UFC): Incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas.

Conductibilidad eléctrica (Us/cm), se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm)

Sólidos disueltos totales (mg/L), brindan una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. Este material puede incluir carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos, calcio, magnesio, sodio, iones orgánicos y otros tipos de iones. Un cierto nivel de estos iones en el agua es necesario para la vida de los seres vivos en el agua. Los cambios en las concentraciones de TDS pueden ser perjudiciales debido a que la densidad del agua determina el flujo del agua dentro y fuera de las células de los organismos.

Turbiedad (UNT), es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua, es un indicativo de su contaminación, tiene un papel importante en el desempeño de laboratorios de prueba de análisis de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de plantas purificadoras agua.

pH, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua siendo su valor óptimo generalmente de 6,5 a 9,5.

Temperatura (°C), repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar al sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA.

3.1. Materiales.

3.1.1. Equipos de campo.

Los equipos de campo utilizados en el trabajo de tesis fueron los siguientes:

- Balanza, bolsas plásticas de polietileno, cámara fotográfica, cuaderno de apuntes y lapiceros, cuchillo. envases de plásticos esterilizables, GPS coordinates, tela tocuyo, pistola de silicona, tubos de agua, wincha de 300 cm.

3.1.2. Equipos, materiales, insumos y reactivos de laboratorio.

3.1.2.1. Equipos.

En la tabla 4 se observan los equipos de laboratorio utilizados en el trabajo de tesis.

Tabla 4. Equipos de laboratorio.

NOMBRES	AREA DE UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Autoclave	Laboratorio de microbiología	Marca : Pemalor Serie : 4029 Modelo : 49
Balanza analítica **Cabina de seguridad biológica**	Laboratorio de microbiología	Marca : Ohaus Serie : B329582403 Modelo : PA214 Capacidad : 210 g
	Laboratorio de microbiología	Marca : Esco Serie : 2012-66627 Modelo : LA2-4A3
Cocina eléctrica	Laboratorio de microbiología	Marca : Jenway Serie : 7438 Modelo : 1000
Estufa	Laboratorio de suelos	Marca : Fisher Serie : 217 Modelo : 318 g Capacidad : 15 L
Incubadora (Coliformes totales)	Laboratorio de microbiología	Marca : Mermet Serie : E808.01.82 Modelo : INE 800 Capacidad : 416 L

Estufa bacteriológica	Laboratorio de microbiología	Marca : Mermet Serie : E809.02.83 Modelo : INEI 900 Capacidad: 416 L
Molino	Laboratorio de suelos	Marca : Corona Serie : 27462 Modelo : HYVANOX
Cuenta colonias	Laboratorio de microbiología	Marca : Darkfieldquebec Serie : N414215 Modelo : 3328
Bombas de agua	Laboratorio de microbiología	Marca : Bosch Serie : AA1796 Modelo : WAA12160BA Capacidad: 30W
Equipo multiparametrico HI9829	Laboratorio especializado de Agroindustria	Marca : Hanna Serie : E0073570 Modelo : HI9829-11041
Equipo Simulador	Ver especificaciones anexo	

3.1.2.2. Materiales de laboratorio.

Los materiales de laboratorio utilizados en el trabajo experimental son:

- Vasos precipitados de 300ml, matraz de 200mL, placas Petri, embudo, soporte universal, papel filtro, tamizador, algodón, papel aluminio, bolsas para harina, guantes quirúrgicos, mascarillas, guardapolvo, cofia, asa de siembra, mechero bunsen.

3.1.2.3. Insumos.

Los insumos de laboratorio utilizados en el trabajo investigación son:

- Harina de cáscara de plátano Bellaco variedad Hartón.

3.1.2.4. Reactivos químicos.

Los reactivos químicos utilizados en el trabajo de investigación son:

- Agar Mac-Conkey, carbón activado comercial, agua destilada, alcohol e hipoclorito de sodio.

3.1.2.5. Materiales y equipos de gabinete.

Los materiales y equipos de gabinete utilizados en el trabajo de investigación:

- Cámara fotográfica, laptop, materiales de Escritorio (Papel Bond, USB, etc.) y software de base de datos y procesamiento de texto (MS Word, MS Excel, statgraphics centurión 5.1).

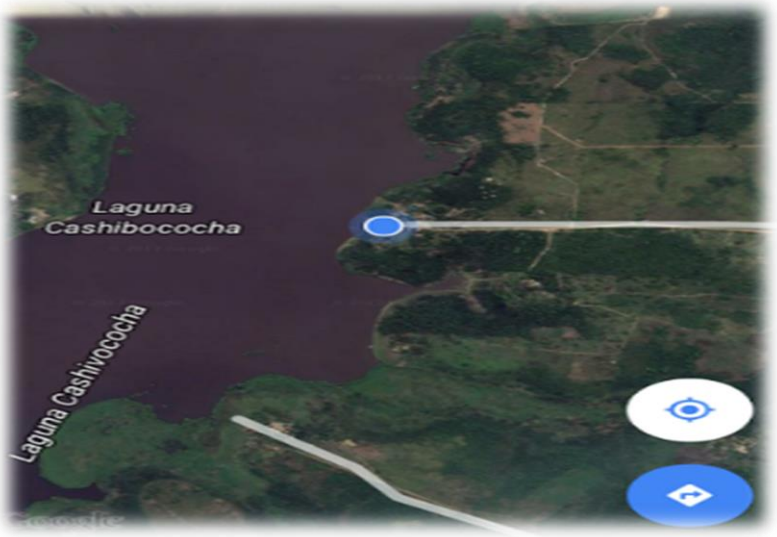
3.2. Metodología.

3.2.1. Descripción del área de estudio.

El estudio del trabajo de tesis se realizó en la región de Ucayali, provincia de Coronel Portillo en el distrito de Yarinacocha geográficamente se encuentra en las coordenadas 08°19’59’’ de latitud sur y 074°39’1’’ de longitud oeste.

3.2.2. Lugar de ejecución.

El lugar de ejecución del trabajo de tesis se presenta en la Figura 1.



Fuente: memoria descriptica GPS Coordinates.

Figura 1. Localización de la laguna de Cashibococha.

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas:

1ra. Etapa: Se recolectó muestras alrededor de la laguna de Cashibococha a 15 Km de la Universidad Nacional de Ucayali Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

2da. Etapa: Se realizó los análisis microbiológicos en el laboratorio de Fitopatología y los análisis fisicoquímicos en el laboratorio especializado de Agroindustria de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.2.3. Método de investigación.

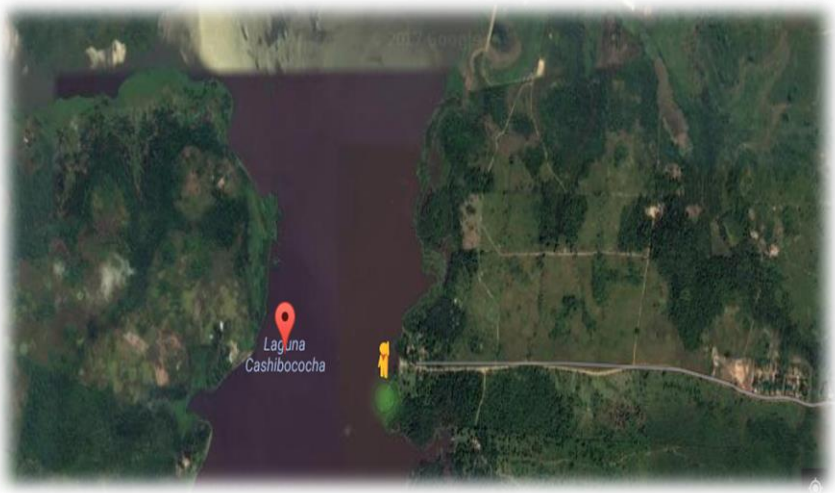
Experimental. Se analizó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, antes, durante y después del proceso de descontaminación, posteriormente se comparó con el testigo que es el carbón activado comercial y algunos parámetros con los límites máximos permisibles que establece el reglamento de calidad de agua D.S N°015-2015-MINAM.

Cuantitativa. El procesamiento de datos, usando magnitudes numéricas fueron tratadas con el programa statgraphics centurión 5.1 y Microsoft Excel.

Explicativa. Se interpretó los datos utilizando los programas ya establecidos para poder concluir y explicar los fenómenos suscitados en el proyecto de investigación.

3.2.4. Población y muestra.

Población. La laguna de Cashibococha tiene un área de 453 ha, con 6,5 km de longitud y anchos que varían de 80 a 350 m, teniendo un perímetro de 26 km.



Fuente: Google maps

Figura 2. Vista panorámica de relieve de la laguna de Cashibococha.

Muestra. Se recogió muestras de agua en baldes de 20 L totalmente esterilizados según el protocolo ANA en las coordenadas 08°33’45’’ de latitud y 074°65’07’’ longitud que se encuentra a 5 m de la orilla, en donde se aplicó un sistema de bombas para la simulación del sistema hidrográfico de la laguna de Cashibococha.

3.2.5. Componentes estudiados.

Se presenta las variables independientes y dependientes de la investigación.

3.2.5.1. Variables independientes.

Dosis de harina de cáscara de plátano Bellaco variedad Hartón:

- 10 g de harina de cascara de plátano verde bellaco variedad Hartón.
- 20 gr harina de cascara de plátano verde bellaco variedad Hartón.
- Testigo carbón activado comercial

- Tiempo de interacción: 24, 48 y 72 horas.

3.2.5.2. Variables dependientes.

Las variables dependientes son las siguientes:

A. Calidad de Agua.

- Parámetros microbiológicos y fisicoquímicos: Coliformes totales (UFC); Conductibilidad Eléctrica (Us/cm); Solidos disueltos totales (mg/c); Turbiedad (UNT) y pH.

3.3. Procedimiento.

Se procedió con el diseño de muestreo, estadístico, procedimiento en campo y laboratorio que a continuación se detallara:

3.3.1. Diseño de muestreo.

Las muestras se tomaron de la orilla de laguna de Cashibococha de la siguiente manera:

- 01 balde de 20 L que fue tratada con carbón activado comercial como testigo absoluto.
- 01 balde de 20 L que fue tratada con harina de cáscara de plátano bellaco variedad Hartón como bioadsorbente para la concentración de 10g/L.
- 01 balde de 10 L que fue tratada con harina de cáscara de plátano bellaco variedad Hartón como bioadsorbente para la concentración de 20g/L.

Una vez tomadas las muestras se realizaron los análisis de los diferentes tratamientos a las 24, 48 y 72 horas, con el fin de observar la interacción microbiología y fisicoquímica del agua.

3.3.2. Diseño de la investigación.

Se empleó un tipo de diseño estadísticos para las pruebas paramétricas (ANOVA) y para las respectivas comparaciones se utilizó la Prueba de Tukey.

Se aplicó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) de acuerdo a las variables que analizarán con 9 tratamientos en estudio.

3.3.2.1. Tratamientos.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
T1	R1T1	R2T1	R3T1
T2	R1T2	R2T2	R3T2
T3	R1T3	R2T3	R3T3
T4	R1T4	R2T4	R3T4
T5	R1T5	R2T5	R3T5
T6	R1T6	R2T6	R3T6
T7	R1T7	R2T7	R3T7
T8	R1T8	R2T8	R3T8
T9	R1T9	R2T9	R3T9

Se realizó de manera aleatoria la designación del orden de los tratamientos.

- T1= 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón a 24 horas de interacción.
- T2= 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón a 48 horas de interacción.
- T3= 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón a 72 horas de interacción.
- T4= 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón a 24 horas de interacción.
- T5= 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón a 48 horas de interacción.

- T6= 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón a 72 horas de interacción.
- T7= Testigo absoluto a 24 horas.
- T8= Testigo absoluto a 48 horas.
- T9= Testigo absoluto a 72 horas.

3.3.3. Procedimiento en campo.

3.3.3.1. Selección del área de estudio.

Se seleccionó la laguna de Cashibococha porque es una de las lagunas de captación de agua de las diferentes comunidades mestizas y nativas de la etnia Shipibo-conibo, destacando las comunidades nativas de Santa Teresita y San Salvador que se encuentran en la ciudad de Pucallpa.

3.3.3.2. Identificación del punto de muestreo.

Según el protocolo nacional para monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales - ANA. Apart.5.1.2 en cuerpo de agua lentico (lagos y lagunas) se tomó las muestras de agua a una distancia de 5m de la orilla de la laguna de Cashibococha y a una profundidad de 50cm a las 8:00 horas.

3.3.3.3. Determinación de variables hidráulicas.

En esta etapa se determinó el caudal para la toma de muestra, para la simulación en el laboratorio con los baldes y bombas de agua. El caudal de la laguna de Cashibococha es 0.012m^3/s.

3.3.3.4. Toma de muestras de agua de la laguna de Cashibococha.

Se recogió muestras de agua en dos baldes de 20 L totalmente esterilizados según el protocolo ANA en las coordenadas 08°33’45’’ de

latitud y 074°65’07’’ longitud que se encuentra a una distancia de 5 m de la orilla de la laguna de Cashibococha.

3.3.3.5. Pre-filtración de agua de la laguna de Cashibococha.

Se procedió hacer un pre-filtrado con telas de tocuyo para que materias extrañas no puedan alteran los resultados y análisis microbiológicos y fisicoquímicas en laboratorio.

3.3.4. Procedimiento en laboratorio.

3.3.4.1. Elaboración de harina de cáscara de plátano bellaco variedad Hartón.

Para la elaboración de la harina de plátano se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

Recepción de materia prima. El plátano bellaco variedad Hartón se obtuvo en el puerto de Pucallpa.

Pelado. Se retiró la cáscara de la pulpa del plátano verde bellaco variedad Hartón.

Lavado. Las cáscaras, se sometieron a un lavado con abundante agua tratada e hipoclorito de sodio a 2ml/L, se retiró impurezas y desinfectar.

Secado I. La cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón, se secaron a temperatura ambiente por 4 días, para poder reducir la humedad de 2 -15 % según la norma American Society for Testing and Materials (ASTM).

Secado II. La cáscara secada a temperatura ambiente sometió a la estufa a 106°C en bandejas para reducir al mínimo la humedad, de 2 -15 % según la norma (ASTM).

Molienda. Una vez seca la cáscara de plátano, se realizó la molienda utilizando un molino de disco obteniéndose polvos solubles con la malla tamizadora # 30, 590 um según la norma (ASTM).

Almacenamiento. Se colocó el producto en bolsas con cierre hermético para poder proteger la harina de olores y que no absorba humedad del ambiente.

Se calculó el rendimiento de harina de cáscara de plátano bellaco variedad Hartón mediante la fórmula:

$$\% R=\frac{Wfinal}{Winicial}\ x\ 100$$

Donde:

%R : porcentaje de rendimiento

W_{final} : peso final

$W_{inicial}$: peso inicial

Se calculó el contenido de humedad de harina de cáscara de plátano bellaco variedad Hartón mediante la fórmula:

$$\% H = \frac{P1-P2}{m}\ X\ 100$$

Donde:

%H : Contenido de humedad

P_1 : Masa del recipiente + muestra en gr.

P_2 : Masa del recipiente + muestra a 106°C en g.

m : Peso de la muestra.

3.3.4.2. Acoplamiento e Instalación de equipo simulador en laboratorio.

Para la simulación se llevó a cabo el siguiente procedimiento: Se realizó el ensamblado de una bomba de agua de lavadora con

tubo de drenaje en cada balde para los tramientos de 10g, 20g y carbón activado para optimizar la recirculación.

Se reguló el caudal en el tubo de drenaje para simular el contexto acuático de la laguna de Cashibococha.

3.3.4.3. Interacción de la harina de cáscara de plátano bellaco variedad hartón (bioadsorbente) y del carbón activado comercial (adsorbente testigo).

Para la interacción del bioadsorbente y adsorbente testigo se procedió de la siguiente manera: En los 3 baldes se tenía 10L de agua de la laguna de Cashibococha posteriormente en el primer balde se colocó 10g/L del bioadsorbente, en el segundo balde se colocó 20 g/L del bioadsorbente y en el tercer balde se colocó la dosis de carbón activado comercial como muestra testigo.

La interacción de la harina de cáscara de plátano bellaco variedad Hartón y del carbón activado comercial se realizó en los tiempos de 24, 48, 72 horas respectivamente para su posterior evaluación e interpretación.

3.3.4.4. Toma de muestras de agua para la evaluación de reducción de contaminantes (coliformes, conductibilidad eléctrica, sólidos disueltos totales, turbiedad y pH).

Para evaluación de la reducción de contaminantes en los simuladores se procedió de la siguiente manera: Se realizó 03 muestreos por cada tiempo de interacción a 24, 48 y 72 horas respectivamente, de la interacción del agua de la laguna de Cashibococha con la harina de cáscara de plátano bellaco variedad Hartón y del carbón activado comercial, haciendo un total 27 muestras.

3.3.4.5. Procedimientos de parámetros evaluados en Laboratorio: Las muestras fueron tomadas en vasos precipitados de vidrio de 350mL esterilizados en autoclave, previamente se tomó 03 muestras sin adición del bioadsorbente ni del adsorbente testigo el cual fueron analizados los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, posteriormente se adicionó el bioadsorbente y adsorbente testigo para la interacción en cada simulador en el laboratorio para los respectivos análisis y comparaciones en los laboratorio de Fitopatología y en el de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Ucayali – Pucallpa.

A. Parámetros microbiológicos.

- **Determinación de coliformes totales por cuenta en placa.**

Se esterilizó los materiales (matraz, vaso precipitado y papel aluminio) una vez esterilizado los materiales se procedió a verter el medio de cultivo agar macconkey en los vasos precipitados para su calentamiento.

- **Preparación.**

Se disolvió 50 gr de agar macconkey en 1000 ml de agua destilada, mezclando cuidadosamente, se calentó para disolverlos posteriormente se distribuyó la cantidad de 250 ml en cada matraz y se esterilizó por 30 min. El pH fue de 6.9 después de la esterilización. Se distribuyó las placas Petri estériles en la mesa de trabajo de manera que la inoculación y la adición de medio de cultivo se realizaron cómodamente y libremente. Se marcó las bases de las cajas con los datos pertinentes antes de colocar el inóculo.En cuanto el medio solidificó, se sembró la muestra. La capa de agar

se colocó para favorecer el crecimiento de los coliformes totales. Solidificándose el medio y se invirtió las placas posteriormente fueron colocarlas en la incubadora a 35°C, durante 24 ± 2 h.

- **Lectura.**

Después de este periodo, se contó las colonias con el contador de colonias. Se seleccionó las placas que contengan colonias. Las colonias típicas son de color rojo oscuro, generalmente se encuentran rodeadas de un halo de precipitación debido a las sales biliares, el cual es de color rojo claro o rosa, la morfología colonial es semejante a lentes biconvexos con un diámetro de 0.5 a 2.0 mm.

Sin embargo, si hay desarrollo extendido o número de colonias superior, reportar con dos cifras significativas y potencias de 10. Coliformes totales en placas de agar bilis rojo violeta, incubadas por 24 + 2 h a35 ºC: _____ UFC / g (o / mL) de muestra.

- **Parámetro fisicoquímico.**

Para los parámetros fisicoquímicos se utilizó el medidor multiparametrico Hanna HI9829, es una herramienta de precisión que mide conductibilidad eléctrica, sólidos disueltos totales, turbiedad, pH° y T°.

- **Procedimiento.**

Consistió en encender la unidad y colocar la sonda en la muestra a ser medida, sumergida completamente y agitarlo para eliminar cualquier burbuja de aire que se encuentre atrapada.

Tabla 5. Especificaciones de parámetros.

PARAMETRO	ESCALA
Conductibilidad eléctrica	Hasta 4000 mS/cm
Sólidos disueltos totales	De 0 a 400000 ppm (mg/L)
Turbiedad	De 0,0a 1000 FNU
Potencial de hidrogeno (pH)	De 1 a 14
Temperatura	De -5,00 a 55,00 °C

Fuente: Manual de operaciones HI 9829.

- **Conductibilidad eléctrica.**

El equipo de medición multiparametrico portátil utilizado fue HI9829 su método de medición es la determinación turbilimetria atraves de un sensor de contacto, este electrodo que mide la conductividad estando en contacto directo con la solución. Se aplica a los electrodos una tensión alterna. Esto provoca que los iones en la solución se muevan en todas direcciones entre los electrodos, creando una corriente que se mide y se convierte en una medición de conductividad.

- **Sólidos disueltos totales.**

El equipo de medición multiparametrico portátil utilizado fue HI9829 su método de medición es atraves de un sensor de contacto, este electrodo que mide la suma de los cationes (carga positiva) y aniones (cargado negativamente) iones en el agua. Partes por millón (ppm) es la relación peso-a-peso de cualquier ion al agua. Sin embargo, un medidor de TDS se basa en la conductividad eléctrica (CE) de agua Los medidores de TDS se calcula mediante la conversión de la CE por un factor de 0,5 a 1,0 veces la

CE, dependiendo de los niveles. Típicamente, cuanto mayor sea el nivel de CE, mayor es el factor de conversión para determinar el TDS.

- **Turbidez.**

El equipo de medición multiparametrico portátil utilizado fue HI9829 su método de medición es la determinación turbilimetria atraves de un sensor detecta la luz dispersada por las partículas en suspensión, generando una salida de voltaje proporcional a la turbidez o sólidos suspendidos. Cuando mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez.

- **Potencial de hidrogeno pH.**

El equipo de medición multiparametrico portátil utilizado fue HI9829 su método de medición es la determinación del potencial generado (en milivolts) por un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad del ion H^+ en cual determina el pH. Este potencial es comparado contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH. El electrodo de referencia que se utiliza es el cloruro de mercurio (I) saturado con cloruro de potasio, el cual sirve como puente salino que permite el paso de los milivolts generados hacia al circuito de medición.

- **Temperatura.**

El equipo de medición portátil utilizado es HI9829 su método de medición es atraves de un sensor integrado con su propio circuito de control, que proporciona una salida de voltaje proporcional a la temperatura. Lo cual la medición de temperatura se obtiene de la medición de su resistencia eléctrica. Su precisión a temperatura ambiente es de 0,5ºC.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Calidad de agua.

4.1.1. Propiedades microbiológicas (Coliformes Totales Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio.

En la figura 3 se observa que la cantidad de coliformes totales al inicio es de 921.3 ufc y en las tres muestras (harina de cáscara de plátano a 10 y 20 gramos como del carbón activado como testigo) tienen una disminución de coliformes totales de manera significativa cuando se agrega las dosis del bioadsorbente y adsorbente testigo se observa la reducción de coliformes totales a 24 horas de carbón activado con 122.0 ufc, seguidas de la muestras a 323-20MH de 20 g y 527 ufc-10MH de 10g del bioadsorbente. A las 48 horas el carbón activado comercial evidencia una reducción a 106 ufc, seguidas de las muestras a 317-20MH ufc de 20g y 453ufc-10MH de 10g del bioadsorbente. A las 72 horas el carbón activado redujo a 94 ufc, seguidas de las muestras a 225.7 ufc-20MH de 20g y 263.7 ufc-10MH de 10g del bioadsorbente, lo cual podemos corroborar con el análisis anova multifactorial donde el P-valor es menor que 0.05 este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre coliformes totales con un 95.0% de nivel de confianza, existiendo evidencia estadística para decir que hay diferencias entre las tres sustancias adsorbentes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Calidad de agua.

4.1.1. Propiedades microbiológicas (Coliformes Totales Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio.

En la figura 3 se observa que la cantidad de coliformes totales al inicio es de 921.3 ufc y en las tres muestras (harina de cáscara de plátano a 10 y 20 gramos como del carbón activado como testigo) tienen una disminución de coliformes totales de manera significativa cuando se agrega las dosis del bioadsorbente y adsorbente testigo se observa la reducción de coliformes totales a 24 horas de carbón activado con 122.0 ufc, seguidas de la muestras a 323-20MH de 20 g y 527 ufc-10MH de 10g del bioadsorbente. A las 48 horas el carbón activado comercial evidencia una reducción a 106 ufc, seguidas de las muestras a 317-20MH ufc de 20g y 453ufc-10MH de 10g del bioadsorbente. A las 72 horas el carbón activado redujo a 94 ufc, seguidas de las muestras a 225.7 ufc-20MH de 20g y 263.7 ufc-10MH de 10g del bioadsorbente, lo cual podemos corroborar con el análisis anova multifactorial donde el P-valor es menor que 0.05 este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre coliformes totales con un 95.0% de nivel de confianza, existiendo evidencia estadística para decir que hay diferencias entre las tres sustancias adsorbentes.

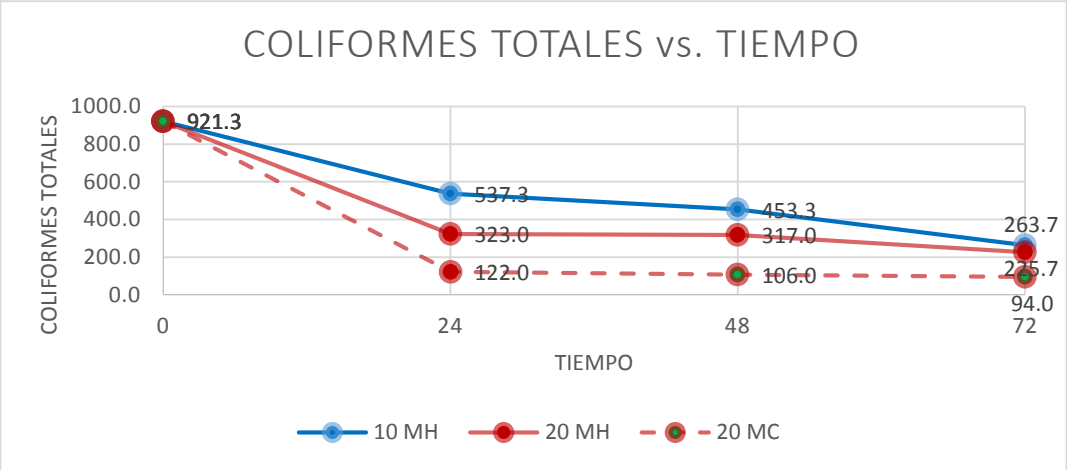


Figura 3. Coliformes Totales en la muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas.

Se observó que el carbón activado comercial (testigo) contiene mayores atribuciones reductoras para coliformes totales en comparacion con el bioadsorbente de 10 y 20 gramos, según (YADIRA & SANCHEZ, 2013), el carbón activado pasa por un proceso de activacion quimica o fisica para obtener mayor porosidad y poder adsorber mayor cantidad de sustancias contaminantes, comparando con nuestro trabajo se utilizo harina de cáscara de plátano y el proceso de obtencion fue por secado y posteriormente envasado, no se utlizo activacion quimica o fisica en la harina de cáscara de plátano para poder obtener mayor porosidad.

Según (NAVARRETE, 2014) valora que el plátano es un material óptimo para la elaboración de carbón activado como medio filtrante, debido a que todos los parámetros ensayados están debajo de los límites máximos permitidos, iniciando con 500 ufc y después del ensayo 0 ufc (ausencia) del Libro IV del TULAS (Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del

Ambiente), que es la norma vigente de Ecuador que rige los niveles de contaminación permitidos para aguas de consumo humano.

Según (RIOS, 2014), menciona que al aumentar la concentración de biomasa, aumenta la capacidad de bioadsorción del contaminante, comparando con nuestro trabajo podemos observar que al aumentar la concentración de la biomasa de 10 gramos a 20 gramos de harina de cascara de plátano aumentó la capacidad de bioadsorción del contaminante.

La concentración de 20 g/L del bioadsorbente en comparación con el adsorbente testigo tuvo mayor efectividad a 24 horas en comparación de la relación de 10 g/L según (CASTRO, 2015) menciona que la cantidad de adsorbente es el factor que va a limitar hasta cierto punto la concentración de la sustancia que se adsorbe; es decir, a mayor cantidad de adsorbente, mayor adsorción. La cantidad de la sustancia adsorbida aumenta rápidamente al aumentar la relación sólido/líquido hasta una relación de 20 g/L.

Tabla 6. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

CONCENTRACIÓN	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	122.0	A
10g MH	3	537.333	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*

MC -10g MH	*	415.333	75.3119

* indica una diferencia significativa.

Tabla 7. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cascara de plátano verde bellaco variedad Hartón

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

CONCENTRACIÓN	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	106.0	A
10g MH	3	453.333	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
10g MH- MC	*	347.333	43.7628

* indica una diferencia significativa.

Tabla 8. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

CONCENTRACIÓN	*Casos*	*Media*	
CARBON ACTIVADO	3	94.0	A
10g MH	3	263.667	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*

10 g MH- MC	*	169.667	88.2856

* indica una diferencia significativa.

Las tablas 6, 7 y 8 aplican un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 24, 48 y 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 9. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cascara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	122.0	A
20 g MH	3	323.0	A

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*

MC – 20g MH		-201.0	290.287

No hay diferencia significativa

Tabla 10. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	106.0	A
20g MH	3	317.0	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-211.0	105.493

* indica una diferencia significativa.

Tabla 11. Pruebas de múltiple rangos para coliformes totales por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	94.0	A
20gMH	3	225.667	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*

MC – 20MH	*	-131.667	41.5645

* indica una diferencia significativa.

La tabla 10, con tramientos a 24 horas, se ha colocado A y A junto a 1 par, indicando que este par no muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

Las tablas 11 y 12 aplican un procedimiento de comparación multiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 48 y 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 12. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de Coliformes totales con el D.S N°015-2015-MINAM

D.S N°015-2015-MINAM			ANALISIS DE AGUA			
Parámetro	Unid.	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Laguna de Cashibococha			
		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional		Harina de cáscara de plátano verde Bellaco		carbón activado comercial
Coliformes totales	UFC	5000	Tiempo (horas)	Mh10gr	Mh20gr	Mc
			24	537.3	323.0	122.0
			48	453.3	317.0	106.0
			72	263.7	225.7	94.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se observa según D.S N°015-2015-MINAM en aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional se estableció el límite máximo permisible para coliformes totales de 5000 UFC y según el análisis con interacción 10 y 20 gramos de harina de cascar de plátano (bioadsorbente) se logró reducir en Mh10g - 236.7 ufc, Mh20g – 225.7 ufc, también podemos observar que con el carbón activado comercial (adsorbente testigo) a las mismas condiciones se logró reducir en Mc – 94 ufc, pudiéndose observar que el adsorbente testigo fue más

eficiente, lo cual está dentro de los limites máximo permisibles para aguas superficiales establecido en el D.S N°015-2015-MINAM.

4.1.2. Propiedades fisicoquímicas (Conductibilidad Eléctrica Vs Tiempo) en los tratamientos en estudio.

En la figura 4 se observa que la cantidad de conductibilidad eléctrica al inicio que es de 342.7 uS/cm y en las tres muestras (harina de cáscara de plátano a 10 y 20 gramos como del carbón activado) tienen una aumento de conductibilidad eléctrica de manera significativa cuando se agrega las dosis del bioadsorbente y adsorbente testigo se observa que aumentó la conductibilidad eléctrica a 24 horas en la muestra de bioadsorbente de 20g con 3639.3 uS/cm, seguidas de la muestras a 3092.7 uS/cm -MC del testigo y 1730 uS/cm-10MH de 10g del bioadsorbente . A las 48 horas el bioadsorbente de 20g evidencia una continuidad a 3639.3 uS/cm, seguidas de las muestras de carbón activado que muestra una reducción paulatina a 2751.3 uS/cm –MC y 1657.3 uS/cm de 10g del bioadsorbente. A las 72 horas el bioadsorbente de 20 g muestra una reducción a 3460 uS/cm-20MH, seguidas de las muestras de carbón activado con 2553.7uS/cm-MC y 1648.3 uS/cm-10MH de 10g del bioadsorbente, lo cual podemos corroborar con el análisis anova multifactorial donde el P-valor es menor que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre conductibilidad eléctrica con un 95.0% de nivel de confianza, existiendo evidencia estadística para decir que hay diferencias entre las dos sustancias adsorbentes.

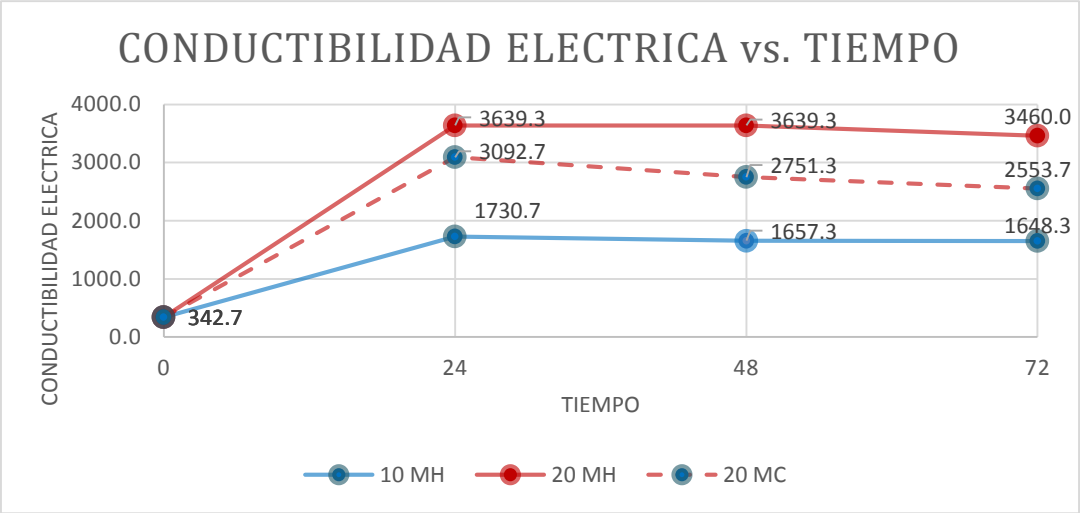


Figura 4. Conductibilidad Eléctrica en las muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas.

Según (PORTOCARRERO, 2011), la conductibilidad eléctrica presenta valores estables entre 200 a 260 uS/cm. La fuerte relación negativa entre la conductibilidad eléctrica y el potencial redox indican que los aumentos de la conductibilidad están relacionados con compuestos reductores, tales como el amonio o materia orgánica disuelta que al descomponerse genera compuestos reductores. En comparación con nuestro trabajo en la interacción del bioadsorbente se evidencio materia orgánica disuelta, en tiempos 48 y 72 horas tuvo reducciones paulatinas de conductibilidad eléctrica.

Tabla 13. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
10g MH	3	1730.67	A
CARBÓN ACTIVADO	3	3092.67	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	1362.0	34.0297

* indica una diferencia significativa.

Tabla 14. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
10g MH	3	1657.33	A
CARBÓN ACTIVADO	3	2751.33	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	1094.0	34.924

* indica una diferencia significativa.

Tabla 15. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	94.0	A
10g MH	3	263.667	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	-169.667	88.2856

* indica una diferencia significativa.

Las tablas 13, 14 y 15 aplican un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 24, 48 y 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 16. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	3092.67	A
20g MH	3	3639.33	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-546.667	65.9696

* indica una diferencia significativa.

Tabla 17. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	2751.33	A
20g MH	3	3639.33	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-888.0	76.1826

* indica una diferencia significativa.

Tabla 18. Pruebas de múltiple rangos para conductibilidad eléctrica por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	2553.67	A
20g MH	3	3460.0	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-906.333	68.7854

* indica una diferencia significativa.

Las tablas 16, 17 y 18 aplican un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 24, 48 y 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 19. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de

D.S N°015-2015-MINAM			ANALISIS DE AGUA			
Parámetro	Unid.	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Laguna de Cashibococha			
		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Harina de cáscara de plátano verde Bellaco		carbón activado comercial	
Conductibilidad Eléctrica	uS/cm	1600	Tiempo (horas)	Mh10gr	Mh20gr	Mc
			24	1730.7	3639.3	3092.7
			48	1657.3	3639.3	2751.3
			72	1648.3	3460.0	2553.7

Conductibilidad Eléctrica con el D.S N°015-2015-MINAM.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se observa según D.S N°015-2015-MINAMen aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional estableció el límite máximo permisible para Conductibilidad Eléctrica de 1600 uS/cm y según el análisis con interacción 10 y 20 gramos de harina de cáscara de plátano (bioadsorbente) indica un aumento de las Conductibilidad Eléctrica en Mh10g–1648.3 uS/cm, Mh20g – 3460uS/cm, también podemos observar que con el carbón activado comercial (adsorbente testigo) a las mismas condiciones se registró un aumento considerable en Mc – 2553.7 uS/cm, pudiéndose observar que los resultados a

las 72 horas son el descenso progresivamente durante el tiempo de interacción, lo cual no está dentro de los limites máximo permisibles para aguas superficiales establecido en el D.S N°015-2015-MINAM.

4.1.3. Propiedades fisicoquímicas (Solidos Disueltos Totales Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio.

En la figura 5 se observa que la cantidad de Solidos Disueltos Totales al inicio es de 221mg/L y en las tres muestras (harina de cáscara de plátano a 10 y 20% como del carbón activado) tienen una aumento de solidos disueltos totales de manera significativa cuando se agrega las dosis del bioadsorbente y adsorbente testigo se observa que aumentó lo solidos disueltos totales a 24 horas en la muestra de bioadsorbente de 20g con 1835.7 mg/L, seguidas de la muestras a 1546.3 mg/L -MC del testigo y 840.3-10MH de 10g del bioadsorbente. A las 48 horas se evidencia una reducción paulatina en los tres tramientos, en el bioadsorbente de 20g a 1803.7 mg/L, seguidas de las muestras de carbón activado a 1369.3 mg/L –MC y 836 mg/L de 10g del bioadsorbente. A las 72 horas se muestra una reducción, en el bioadsorbente de 20 g a 1729.7 mg/L-20MH, seguidas de las muestras de carbón activado con 1277 mg/L-MC y 758.7 mg/L-10MH de 10g del biodsorbente, lo cual podemos corroborar con el análisis anova multifactorial donde el P-valor es menor que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre solidos disueltos totales con

un 95.0% de nivel de confianza, existiendo evidencia estadística para decir que hay diferencias entre las dos sustancias adsorbentes.

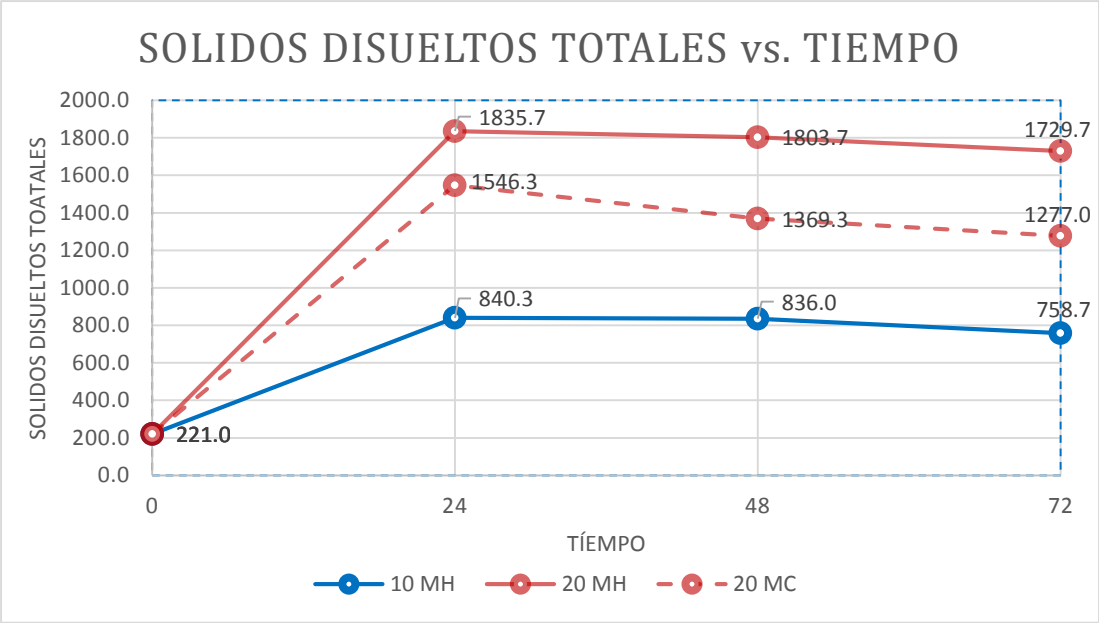


Figura 5. Solidos Disueltos Totales en las muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas.

La interacción de las sustancias se hizo sin ningún tipo de filtro o malla, fue en contacto directo con el agua de la laguna de Cashibococha dejando interactuar los finos materiales del bioadsorbente como del adsorbente testigo obteniendo resultados elevados de solidos disueltos totales pero con reducciones paulatinas en el intervalo de 48 y 72 horas según (NAVARRETE, 2014) menciona que los Sólidos Totales se encontró con resultados anormales ; debido a inconvenientes con el diseño del filtro ya que la malla cubierta, que retenía el carbón activado granular, no resultó ser eficiente en dicha función y permitió el paso de los finos del material.

En la investigación no se utilizó ningún tipo de sales de metales electropositivos (coagulantes) para eliminar partículas en suspensión. Según (PARRA, 2016), menciona que los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, moléculas inorgánicas e iones que se encuentran disueltos en el agua. Por lo general, se requiere una coagulación seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión.

Tabla 20. Pruebas de múltiple rangos para solidos disueltos totales por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
10g MH	3	840.333	A
CARBÓN ACTIVADO	3	1546.33	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	706.0	48.9545

* indica una diferencia significativa.

Tabla 21. Pruebas de múltiple rangos para solidos disueltos totales por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
10g MH	3	836.0	A
CARBÓN ACTIVADO	3	1369.33	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	533.333	37.7071

* indica una diferencia significativa.

Tabla 22. Pruebas de múltiple rangos para solidos disueltos totales por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
10g MH	3	758.667	A
CARBÓN ACTIVADO	3	1277.0	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	518.333	196.922

* indica una diferencia significativa.

Las tablas 20, 21 y 22 aplican un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 24, 48 y 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa

Tabla 23. Pruebas de múltiple rangos para Solidos disueltos totales por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	1546.33	A
20g MH	4	1830.0	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-283.667	20.4914

* indica una diferencia significativa.

Tabla 24. Pruebas de múltiple rangos para Solidos disueltos totales por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	1369.33	A
20g MH	3	1803.67	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-434.333	24.1869

* indica una diferencia significativa.

Tabla 25. Pruebas de múltiple rangos para Solidos disueltos totales por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	1277.0	A
20g MH	3	1729.67	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-452.667	34.8012

* indica una diferencia significativa.

Las tablas 23, 24 y 25 aplican un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 24, 48 y 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 26. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de Solidos

D.S N°015-2015-MINAM			ANALISIS DE AGUA			
Parámetro	Unid.	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable / Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Tiempo (horas)	Laguna de Cashibococha: Harina de cáscara de plátano verde Bellaco Mh10gr	Mh20gr	carbón activado comercial Mc
Solidos Disueltos Totales	mg/L	1000	24	840.3	1835.7	1546.3
			48	836.0	1803.7	1369.3
			72	758.7	1729.7	1277.0

Disueltos Totales con el D.S N°015-2015-MINAM

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 26 se observa según D.S N°015-2015-MINAM en aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional que se estableció el límite máximo permisible para Solidos Disueltos Totales es de 1000 mg/L y según el análisis con interacción 10 y 20 gramos de harina de cáscara de plátano (bioadsorbente) indica un aumento de las Conductibilidad Eléctrica en Mh10g –758.7 mg/L , Mh20g – 1729.7 mg/L, también podemos observar que con el carbón activado comercial (adsorbente testigo) a las mismas condiciones se registró un aumento

considerable en Mc10g – 685 mg/L , Mc20g – 1277 mg/L, observándose que los resultados a las 72 horas son el descenso progresivo durante el tiempo de interacción, observándose que la sustancia a 20 g no está dentro de los limites máximo permisibles para aguas superficiales establecido en el D.S N°015-2015-MINAM.

4.1.4. Propiedades fisicoquímicas (Turbiedad Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio.

En la figura 6 se observa que la cantidad de Turbiedad al inicio es de 104 UNT y en las tres muestras (harina de cáscara de plátano a 10 y 20 gramos como del carbón activado) tienen una aumento de Turbiedad de manera significativa cuando se agrega las dosis del bioadsorbente y adsorbente testigo se observa que aumentó la Turbiedad a 24 horas en la muestra de bioadsorbente de 20g con 839.3 UNT, seguidas de la muestras a 533.3 UNT – 10gMH de 10g del bioadsorbente y 234 MC del testigo. A las 48 horas se evidencia una reducción paulatina en los tres tramientos, en el bioadsorbente de 20g a 781.3 UNT – 20g MH, seguidas de las muestras del bioadsorbente de 10g a 522.1UNT – 10gMH y 229 UNT del testigo. A las 72 horas se muestra una reducción, en el bioadsorbente de 20 g a 756 UNT -20gMH, seguidas de las muestras del bioadsorbente de 10g con 352 UNT 10gMH y 206.3 UNT-20gMH de 20g del bioadsorbente, lo cual podemos corroborar con el análisis anova multifactorial donde el P-valor es menor que 0.05,estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre turbiedad con un 95.0% de nivel de confianza,

existiendo evidencia estadística para decir que hay diferencias entre las dos sustancias adsorbentes.

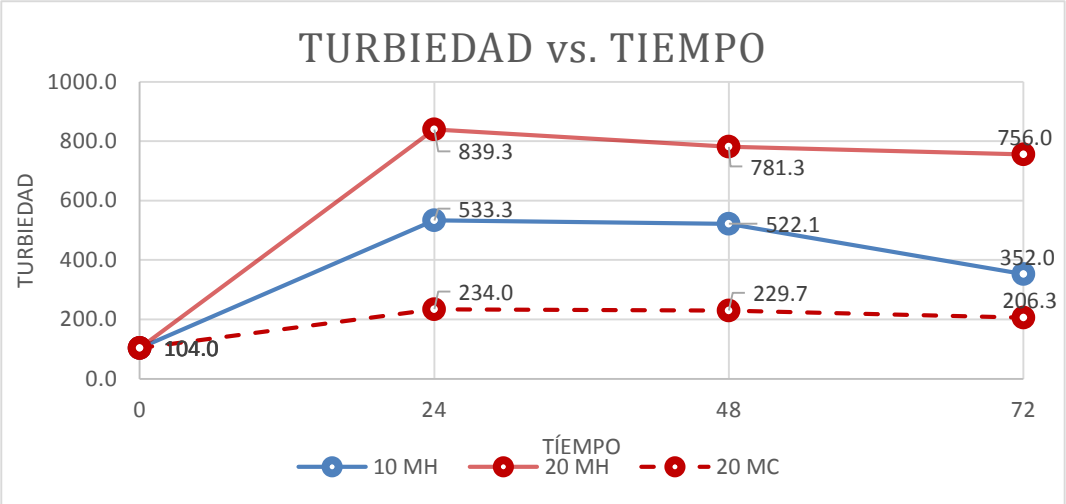


Figura 6. Turbiedad en las muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas.

En la investigación se evidenció la coloración amarillenta durante los tiempos de interacción del bioadsorbente con el agua. Según (ALVARADO & GOMEZ, 2013), menciona que los pigmentos naturales como los carotenos y xantofilas presentes en las cáscaras de Musa sapientum (Banano), colorean de amarillo el agua al ser pasada por el filtro. (RODIER, 1989), sostiene que la causa principal de interferencias en el color del agua es la turbiedad, la cual produce un color aparente más alto que el color verdadero. Para eliminar la turbidez, se recomienda la centrifugación, ya que puede eliminar algo del color verdadero además de la turbidez, comparando con nuestro trabajo no se utilizó ningún tipo de membrana para centrifugar nuestro trabajo de investigación se realizó en contacto directo entre el bioadsorbente y el agua de la laguna de Cashibococha.

Según (METALCAF & EDDY, 1995), menciona que cuando solo se dispone de microestructura, los flóculos resultantes son esféricos y compactos, pequeños (< 76 um) y muy débiles, que se rompan fácilmente en un medio turbulento. La sedimentación de estos flóculos es deficiente, obteniéndose un efluente con una turbidez elevada. En cambio, la macroestructura permite formar flóculos de mayor tamaño, de forma más irregular y menos compactos, que pueden resistir mejor las turbulencias producidas por la agitación o la recirculación propia del reactor consiguiente producidas por la agitación o la recirculación propia del reactor, consiguiéndose una buena sedimentación y por lo tanto un efluente con una turbidez baja, comparando con nuestro trabajo de investigación utilizamos macromoléculas de 590 um con la malla tamizadora #30, se logró que las partículas se sedimentaran en los intervalos de tiempo de 48 y 72 horas con un descenso paulatino en la interacción.

Tabla 27. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	234.0	A
10g MH	3	533.333	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10gMH	*	-299.333	88.3438

* indica una diferencia significativa.

Tabla 28. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	229.667	A
10g MH	3	522.067	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	-292.4	74.9702

* indica una diferencia significativa.

Tabla 29. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	206.333	A
10g MH	3	352.0	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	-145.667	39.7958

* indica una diferencia significativa.

Las tablas 27, 28 y 29 aplican un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 24, 48 y 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 30. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	234.0	A
20g MH	3	839.333	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-605.333	19.5231

* indica una diferencia significativa.

Tabla 31. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	229.667	A
20g MH	3	781.333	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20gMH	*	-551.667	27.3762

* indica una diferencia significativa.

Tabla 32. Pruebas de múltiple rangos para Turbiedad por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	206.333	A
20g MH	3	756.0	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20g MH	*	-549.667	47.9647

* indica una diferencia significativa.

Las tablas 30, 31 y 32 aplican un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias

estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 24, 48 y 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 33. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 gr y 20 gr de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de Turbiedad con el D.S N°015-2015-MINAM.

D.S N°015-2015-MINAM			ANALISIS DE AGUA			
Parámetro	Unid.	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Laguna de Cashibococha			
		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional		Harina de cáscara de plátano verde Bellaco		carbón activado comercial
			Tiempo (horas)	Mh10gr	Mh20gr	Mc
Turbiedad	UNT	100	24	533.3	839.3	234.0
			48	522.1	781.3	229.7
			72	352.0	756.0	206.3

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 33 se observa según D.S N°015-2015-MINAMen aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional que se estableció el límite máximo permisible para Turbiedad es de 100 UNT y según el análisis con interacción 10 y 20 gramos de harina de cáscara de plátano (bioadsorbente) indica un aumento de las Conductibilidad Eléctrica en Mh10g –352 UNT, Mh20g – 756 UNT, también podemos observar que con el carbón activado comercial (adsorbente testigo) a las mismas condiciones se registró un aumento considerable en Mc – 206.3 UNT, pudiéndose observar que los resultados a las 72 horas son el descenso progresivamente durante el tiempo de interacción, lo cual no está dentro de los limites máximo permisibles para aguas superficiales establecido en el D.S N°015-2015-MINAM.

4.1.5. Propiedades fisicoquímicas (pH Vs. Tiempo) en los tratamientos en estudio.

En la figura 7 se observa que la cantidad de pH al inicio es de 7.5 pH y en las tres muestras (harina de cáscara de plátano a 10 y 20 gramos como del carbón activado) tienen una disminución de pH de manera significativa cuando se agrega las dosis del bioadsorbente y adsorbente testigo se observa que disminuyo el pH a 24 horas en la muestra de bioadsorbente de 10g con 7.3 pH, seguidas de la muestras a 6.9 pH – 20gMH del bioadsorbente a 20g y 6.7 pH-MC del testigo. A las 48 horas se evidencia una reducción paulatina en los tres tramientos, en el bioadsorbente de 10g y 20g con 6.8 pH – 10g MH y 20g MH, seguida de las muestra testigo a 6.9 pH-MC. A las 72 horas se muestra una continuidad en el testigo con 6.9 pH-MC, seguidas de las muestras del

bioadsorbente de 10g con 6.8 pH 10gMH y 5.5 pH-20gMH de 20g, lo cual podemos corroborar con el análisis anova multifactorial donde el P-valor es menor que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre PH con un 95.0% de nivel de confianza, existiendo evidencia estadística para decir que hay diferencias entre las dos sustancias adsorbentes.

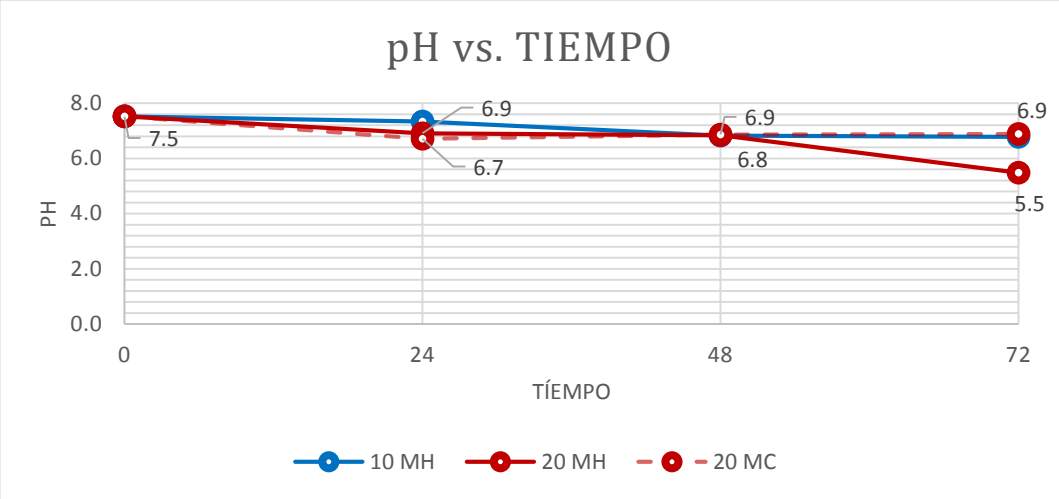


Figura 7. pH en las muestras de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo a 24, 48 y 72 horas.

Según (RIOS, 2014), menciona en su trabajo de investigación que el pH de la mezcla agua sintética con arsénico en concentraciones de 50 ppm y harina de cáscara de banano maduro (HCBM), desciende en los 8 tratamientos estudiados tales el caso del tratamiento A (6,54 – 4,55), B (6,51 – 4,52), C (6,51 – 4,5), D (6,90 – 4,5), E (6,57 – 4,52), F (6,35 – 4,51), G (6,51 – 4,58), H (6,5 – 4,51), lo cual evidencia que a valores más bajos de pH, aumenta el porcentaje de remoción de los bioadsorbente, comparando con nuestro trabajo de investigación se obtuvo en 20 g del bioadsorbente un pH de 5.5 evidencia un porcentaje de

remoción final en diferencia con absorbente testigo en 10 y 20gramos se mantuvo en pH de 7.0 – 6.9 respectivamente.

La relación de 1g/100ml tuvo resultados considerables en la investigación pero al aumentar la relación de 2g/100 ml obtuvimos resultados exitosos, el pH final a 2g/100ml fue de 5.5 a temperatura de 27.6°C los datos obtenidos influyen en crecimiento de coliformes totales donde (FRAZIER, 1993) en su publicación menciona que la temperatura óptima de crecimiento del microorganismo es de 37°C, con un intervalo de crecimiento de 10 a 40°C. Su pH óptimo de crecimiento de coliformes totales es de 7.0 a 7.5 con un pH mínimo de crecimiento de valor de 4.0 y un pH máximo de crecimiento de valor de 8.5.

Según (HERRERA, 2015), menciona que la dosis de bioadsorbente, es un factor importante para una remoción ya que determina el equilibrio adsorbente- adsorbato del sistema. Para conocer el efecto de la dosis de bioadsorbente, se realizaron estudios en los que varió la cantidad de cáscara de plátano agregada a las muestras. Las dosis adicionadas fueron de 1, 1.5 y 2 g de cáscara por cada 100 ml de solución. La capacidad de adsorción de la cáscara de plátano incrementó al utilizar 1g del bioadsorbente; a las dos horas de contacto, se observó un decrecimiento en la adsorción lograda, esto debido a la saturación de las partículas de cáscara de plátano, sin embargo, la dosis de sorbente que mayor remoción obtuvo a pesar de la saturación, fue de 1 g por cada 100 ml.

Tabla 34. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 24 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	6.71333	A
10g MH	3	7.34	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10gMH	*	-0.626667	0.476961

* indica una diferencia significativa.

Tabla 35. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 48 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
10g MH	3	6.83	A
CARBÓN ACTIVADO	3	6.86333	A

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10gMH		0.0333333	0.0434091

No hay diferencia significativa.

Tabla 36. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
10g MH	3	6.78333	A
CARBÓN ACTIVADO	3	6.88667	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 10g MH	*	0.103333	0.0827779

* indica una diferencia significativa.

La tabla 35, con tramientos a 48 horas, se ha colocado A y A junto a 1 par, indicando que este par no muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

Las tablas 34 y 36 aplican un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 48 y 72 horas con 10g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 37. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 24 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
CARBÓN ACTIVADO	3	6.71333	A
20g MH	3	6.91333	A

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20gMH		-0.2	0.471634

No hay diferencia significativa.

Tabla 38. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 48 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
20g MH	3	6.84333	A
CARBÓN ACTIVADO	3	6.86333	A

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20gMH		0.02	0.0827779

* indica una diferencia significativa.

Tabla 39. Pruebas de múltiple rangos para pH por concentración a las 72 horas con 20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

SUSTANCIA	*Casos*	*Media*	
20g MH	3	5.47667	A
CARBÓN ACTIVADO	3	6.88667	B

Contraste	*Sig.*	*Diferencia*	*+/- Límites*
MC – 20gMH	*	1.41	0.0346285

* indica una diferencia significativa.

Las tablas 37 y 38, con tramientos de 24 y 48 horas respectivamente, se ha colocado A y A junto a 1 par, indicando que este par no muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza.

La tablas 39 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se ha colocado A y B junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0. Entonces en los tratamientos de 24 y 48 a 20g no hay diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo a 72 horas con

20g de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón en comparación con el carbón activado comercial existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 40. Muestra de agua de la laguna de Cashibococha con 10 y 20 gramos de concentración del bioadsorbente y el testigo para comparación de pH con el D.S N°015-2015-MINAM.

D.S N°015-2015-MINAM			ANALISIS DE AGUA			
Parámetro	Unid.	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable / Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional		Laguna de Cashibococha		
				Harina de cáscara de plátano verde Bellaco		Carbón activado comercial
Ph	Unidad de ph	5.5-9.0	Tiempo (horas)	Mh10gr	Mh20gr	Mc
			24	7.3	6.9	6.7
			48	6.8	6.8	6.9
			72	6.8	5.5	6.9

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 40 se observa según D.S N°015-2015-MINAMen aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable para aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional que se estableció el límite mínimo y máximo permisible para pH es de 5.5 – 9.0 y según el análisis con interacción 10 y 20 gramos de harina de cáscara de plátano (bioadsorbente) indica en Mh10g –6.8 pH, Mh20g – 5.5 pH , también podemos observar que con el carbón activado comercial (adsorbente testigo) a las mismas condiciones se registró Mc – 6.9 pH,

pudiéndose observar que los resultados a las 72 horas son el descenso progresivamente durante el tiempo de interacción.

V. CONCLUSIONES.

Las conclusiones a las que se llegan con el presente estudio son:

1. La dosis de harina de bioadsorbente con mayores atribuciones descontaminantes para determinación de coliformes totales es de 20 g/L, siendo el porcentaje de remoción final de 75.5%, este resultado comparado con el carbón activado comercial (adsorbente testigo) con la misma dosis tuvo mayor eficiencia llegando a remover el 89.90%. Estos resultados nos permiten concluir que para tener el mismo efecto del carbón activado se requiere para 20 gr/lt de adsorbente 47.26 gr/lt de bioadsorbente.

2. La dosificación de la harina de cáscara de plátano equivalente al carbón activado si bien es mayor, sin embargo en costos el kg de bioadsorbente cuesta S/. 4.40 producirlo, y el Kg de carbón activado comercial cuesta S/.15.69, resulta la aplicación de harina de cáscara de plátano económicamente y técnicamente más viable. Por la diferencia existente de (S/.11.28 por kilogramo)

3. La dosis con mayor relevancia en el tiempo de interacción para el parámetro conductibilidad eléctrica, solidos disueltos totales, turbiedad es de 10g/L, identificando que a 48 se percibe un descenso paulatino.

4. Para la reducción de coliformes totales el pH óptimo fue de 5.5 en 20g/L.

VI. RECOMENDACIONES.

De acuerdo al análisis de los resultados y conclusiones, se hacen las siguientes recomendaciones

1. Verificar la capacidad de remoción de pesticidas, sólidos suspendidos, metales pesados, residuos de hormonas y materiales transgénicos.

2. Continuar con la optimización del proceso de bioadsorción para llegar a obtener porcentajes de adsorción de los parámetros de control obligatorio cercanos al 100%.

3. Evaluar la capacidad de reúso de la cáscara de plátano en ciclos de adsorción para determinar el porcentaje de regeneración y su capacidad de adsorción.

4. Este tipo de residuo (Harina de cáscara de plátano verde) se puede emplear para depurar aguas residuales industriales con pH ligeramente ácido (6,5 a 4). El pH ligeramente acido favorece al proceso de bioadsorción, la cáscara de plátano verde tiende a adsorber mayor concentración de coliformes totales en aguas de la amazonia.

VII. BIBLIOGRAFIA.

ALVARADO CHAVEZ, A. M., & GOMEZ DIAZ, D. E. (2013). Estudio de la retención de plomo en agua a partir de cascaras de musa sapientum (banano) utilizadas como filtro. San salvador-el salvador-centro america: universidad de el salvador.

ANNADURAI, G. J. (2002). Adsoprtion of heavy metals from water using banana and orange peles.water science and technology.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. (2016). Protocolo nacional para el Monitoreo de calidad de los recursos Hidricos Superficiales. Visible body: ANA. Lima. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites /default/files /normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf

BENAVIDES GUERRA, D. J. (2015). Diseño e implementación de un mecanismo para compostaje de lodos provenientes de tratamiento de aguas residuales de industrias textiles. Quito - ecuador: Universidad de las Americas.

BRIÑEZ, R. L. (2011). H_2o habemus$_2$oikos. Colombia: encarta. Obtenido de http://www.encarta.es/sites /default/files /normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf. Pag. 83-102.

CAMACHO, A. M. (2009). Tecnicas para el analisis microbiologicos de alimentos . Peru: Universidad Nacional Agraria la Molina. Pag. 135 - 141.

CARBOTECNIA. (2014). Visible body: Carbón activado. Mexico: by Carbotecnia. Obtenido de https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/.

CÁRDENAS DÍAZ, F. L. (2001). Estudio del mercado de la cadena de plátano. Perú: ministerio de agricultura. Pag. 419 – 421.

CASTRO PASTOR, B. (2015). Uso de la cáscara de banano (musa paradisiaca) maduro deshidratada (seca) como proceso de biadosorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas. Guayaquil-guayas-ecuador: universidad de guayaquil.

COSTA, F. O. (1992). Uso de la cáscara de plátano como bioadsorbente en lecho diferencial en la adsorción de compuestos orgánicos. Paraiba - brasil: Universidad Estadual de Paraíba.

HERRERA GARCIA, L. (2015). Bioadsorción de cromo hexavalente de soluciones acuosas utilizando cáscara de plátano. Xalapa - Mexico: Universidad Veracruzana - Facultad de Ciencias Químicas.

HOSSAIN, M. a. (2012). Removal of copper frm water by adsorption onto banana peel as bioadsorbent.international journal of geomate.

INSTRUMENTS, H. (2016). Medidor multiparametrico con gps, sonda de registro y medición de turbidez e ise opcional.eibar - gipuzkoa: poligono industrial azitain.

M. A. HOSSAIN, H. H. (2012). Remoción de cobre del agua por adsorción utilizando cáscaras de pl{atano como bioadsorbente. Australia: universidad tecnologica de sydney.

METALCAF, & EDDY. (1995). Ingenieria de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Madrid - españa: vol.i.3ra ed.mc graw-hill.

NAVARRETE AGUIRRE, D. F. (2014). Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante. Guayaquil - Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

OLIVEIRA, F. M. (1992). Uso da casca da banana como bioadsorvente em leito diferencial na adsorcao de compostos organicos.

OMS. (2011). Guidelines for drinking-water quality, fourth edition.who. Obtenido de:http://www.guidenelines.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Julio_2011/IF_MARILUZ_FERNANDEZ_FIPA/CAP%20VII.PDF

PARRA VILLALBA, A. (2016). Naturaleza del agua residual domestica y su tratamiento. Piura - perú: Universidad de Piura.

PIMENTEL, V. Y. (1997). Gran enciclopedia de la región de ucayali. Lima-perú: editorial navarrete. Pag. 83-102.

PINZÓN BEDOYA, M. L. (2008). Caracterización de la cáscara de naranja para uso como material bioadsorbente. Bistua, Pag. 28-37.

PORTOCARRERO, R. (2011). Interacción agua superficial-acuífero libre y el contenido de nutrientes en la cuenca del arroyo el tejar, departamento monteros, provincia de tucumán. Tucumán - argentina: universidad tecnológica nacional.

RIOS ELIZALBE, P. E. (2014). Cinética de bioadsorción de ársenico utilizando cáscara de banan maduro en polvo. Machala - el oro - ecuador: universidad técnica de machala.

RODIER, J. (1989). Análisis de aguas: aguas naturales, aguas residuales, aguas de mar. Barcelona - españa: omega.

RODRIGUES, M. (2009). Polvo de cásacara de plátano: un bioadsorvente de bajo costo para metales pesados. Paraná - brasil: universidad estadual de londrina.

RODRIGUES, M. (2009). Utilizaçao da casca de banana como biossorvente . En m. Rodrigues, utilizaçao da casca de banana como biossorvente . Paraná, brasil: universidade estadual de londrina.

SAMANÉZ, I. (1996). Ecologia de comunidades biologicas en cashibococha.lima: teorema.unmsm.

SILVA, C. R. (2013). Banana peel as an adsorbent for removing atrazine and ametryne from waters.

SIMMONDS, N. (1973). Los plátanos. Barcelona-españa: editorial blume.

VELÁSQUEZ, V. (2003). Análisis del cultivo de plátano en el marco de la apertura comercial. San josé: la apertura comercial y las oportunidades de agronegocios, uned.

VISCARRA, A. (2002). Exosfera. Mc graw hill. Mx bol. Obtenido de http://www. Exosfera.com/2009/09/30/Mc graw-hill-gobierno/.

YADIRA CARRILLO, V., & SANCHEZ MUÑOZ, N.E. (2013). Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable. San Salvador de Centro América: Facultad de Química y Farmacia - Universidad de el Salvador.

VIII. ANEXO

Tabla 1A. Contenido de humedad de harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón

CONTENIDO DE HUMEDAD					
MUESTRA	MUESTRA	P1	P2	m	%H
CÁSCARA DE PLÁTANO VERDE	1	28.7632	28.2908	5.0002	9.45
	2	27.4763	27.0074	5.0031	9.37
	3	27.6503	27.1849	5.0065	9.30
	4	29.2109	28.7445	5.0012	9.33
	5	26.0912	25.6283	5.0029	9.25
				PROMEDIO	9.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2A. Rendimiento de la harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón (*Musa paradisiaca variedad Hartón*)

RENDIMIENTO			
Muestra	**Peso inicial g**	**Peso final g**	**%**
cáscara de plátano verde	3920	422	10.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3A. Costo de producción de la harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón (*Musa paradisiaca variedad Hartón*).

COSTO DE PRODUCCION				
	DESCRIPCIÓN	PRODUCTO	COSTO	
MATERIALES	0.3cen/Kg	4kg	S/.	1.20
MANO DE OBRA	0.5/kg	500 g	S/.	0.25
COSTO FIJO	(servicios públicos)	general	S/.	3.00
costo de producción total			S/.	4.45

Fuente: Elaboración propia



FIGURA 1A. Secado I para reducir la humedad de la Cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón



FIGURA 2A. Secado II para optimizar la humedad de la Cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón



FIGURA 3A. Molienda de la cascara de plátano verde bellaco variedad Hartón



FIGURA 4A. Almacenamiento de la harina de cáscara de plátano verde bellaco variedad Hartón.



FIGURA 5A. Pesado del bioadsorbente y adsorbente testigo para la interacción con agua de laguna de Cashibococha



FIGURA 6A. Toma de muestras de la laguna de Cashibococha



FIGURA 7A. Simulación de la interacción de bioadsorbente y adsorbente testigo en la descontaminación del agua de la laguna de Cashibococha



FIGURA 8A. Toma de muestras de la laguna de Cashibococha en simuladores para la interacción del bioadsorbente y adsorbente testigo



FIGURA 9A. Toma de muestras y filtrado para evaluación microbiológica y fisicoquímica



FIGURA 10A. Preparación de agar macconkey para determinación de coliformes totales



FIGURA 11A. Placas de agar macconkey

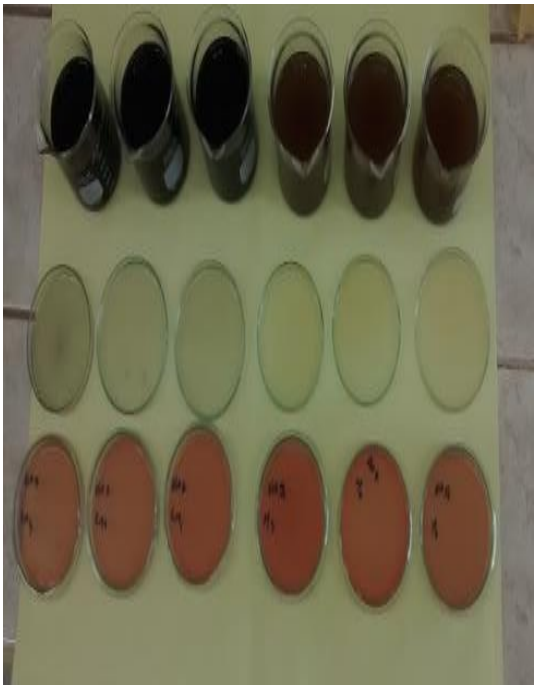


FIGURA 12A. Siembra de microorganismos para determinación de coliformes totales.



FIGURA13A. Analisis de coliformes totales Muestras para analizar

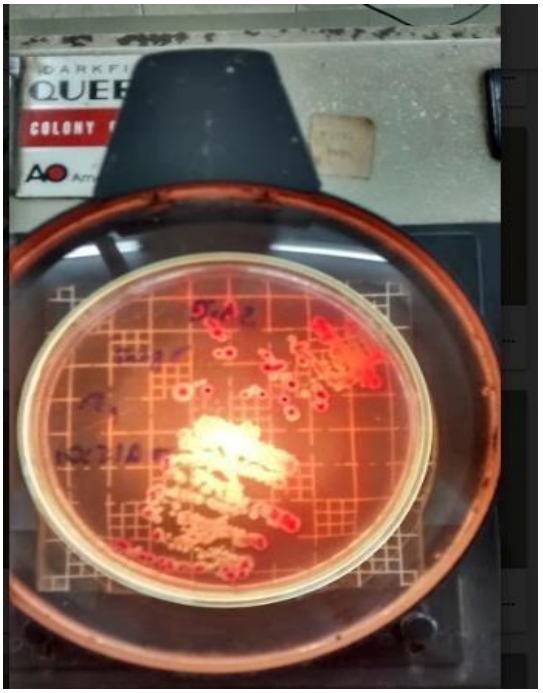


FIGURA 14A. Analisis de coliformes totales



FIGURA15A. Analisis fisicoquímico de agua con bioadsorbente y adsorbente testigo



FIGURA 16A. Determinación de parámetros fisicoquímicos en agua con el bioadsorbente y adsorbente testigo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	134620.	1	134620.	15.36	0.0044
B:SUSTANCIA	124237.	1	124237.	14.18	0.0055
INTERACCIONES					
AB	18.75	1	18.75	0.00	0.9642
RESIDUOS	70101.3	8	8762.67		
TOTAL (CORREGIDO)	328977.	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	27552.1	1	27552.1	19.17	0.0024
B:SUSTANCIA	189757.	1	189757.	132.01	0.0000
INTERACCIONES					
AB	4920.75	1	4920.75	3.42	0.1014
RESIDUOS	11499.3	8	1437.42		
TOTAL (CORREGIDO)	233729.	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	1564.08	1	1564.08	1.70	0.2281
B:SUSTANCIA	64680.1	1	64680.1	70.44	0.0000
INTERACCIONES					
AB	690.083	1	690.083	0.75	0.4112
RESIDUOS	7346.0	8	918.25		
TOTAL (CORREGIDO)	74280.3	11			

TABLA 4A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para coliformes totales – suma de cuadrados tipo III – Anova multifactorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCETRACION	8.9217E6	1	8.9217E6	15642.96	0.0000
B:SUSTANCIA	394219.	1	394219.	691.21	0.0000
INTERACCIONES					
AB	101752.	1	101752.	178.41	0.0000
RESIDUOS	4562.67	8	570.333		
TOTAL (CORREGIDO)	9.42223E6	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCETRACION	8.22866E6	1	8.22866E6	11008.25	0.0000
B:SUSTANCIA	948094.	1	948094.	1268.35	0.0000
INTERACCIONES					
AB	318502.	1	318502.	426.09	0.0000
RESIDUOS	5980.0	8	747.5		
TOTAL (CORREGIDO)	9.50124E6	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	6.72752E6	1	6.72752E6	9106.62	0.0000
B:SUSTANCIA	1.05198E6	1	1.05198E6	1424.01	0.0000
INTERACCIONES					
AB	296102.	1	296102.	400.82	0.0000
RESIDUOS	5910.0	8	738.75		
TOTAL (CORREGIDO)	8.08151E6	11			

TABLA 5A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para conductibilidad eléctrica – suma de cuadrados tipo III - Anova multifactorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	2.33818E6	1	2.33818E6	8773.67	0.0000
B:SUSTANCIA	93810.1	1	93810.1	352.01	0.0000
INTERACCIONES					
AB	37968.7	1	37968.7	142.47	0.0000
RESIDUOS	2132.0	8	266.5		
TOTAL (CORREGIDO)	2.47209E6	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	1.98453E6	1	1.98453E6	10949.15	0.0000
B:SUSTANCIA	235200.	1	235200.	1297.66	0.0000
INTERACCIONES					
AB	71456.3	1	71456.3	394.24	0.0000
RESIDUOS	1450.0	8	181.25		
TOTAL (CORREGIDO)	2.29264E6	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	1.83223E6	1	1.83223E6	467.36	0.0000
B:SUSTANCIA	207770.	1	207770.	53.00	0.0001
INTERACCIONES					
AB	107731.	1	107731.	27.48	0.0008
RESIDUOS	31363.3	8	3920.42		
TOTAL (CORREGIDO)	2.17909E6	11			

TABLA 6A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para solidos disueltos totales – suma de cuadrados tipo III - Anova multifactorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	83667.0	1	83667.0	106.97	0.0000
B:SUSTANCIA	652400.	1	652400.	834.09	0.0000
INTERACCIONES					
AB	57963.0	1	57963.0	74.11	0.0000
RESIDUOS	6257.33	8	782.167		
TOTAL (CORREGIDO)	800288.	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	61604.7	1	61604.7	105.58	0.0000
B:SUSTANCIA	569503.	1	569503.	976.01	0.0000
INTERACCIONES					
AB	40344.8	1	40344.8	69.14	0.0000
RESIDUOS	4668.03	8	583.503		
TOTAL (CORREGIDO)	676121.	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	141701.	1	141701.	613.65	0.0000
B:SUSTANCIA	395307.	1	395307.	1711.90	0.0000
INTERACCIONES					
AB	104533.	1	104533.	452.69	0.0000
RESIDUOS	1847.33	8	230.917		
TOTAL (CORREGIDO)	643389.	11			

TABLA 7A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para turbiedad – suma de cuadrados tipo III - Anova multifactorial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	0.343408	1	0.343408	14.95	0.0048
B:SUSTANCIA	0.249408	1	0.249408	10.86	0.0109
INTERACCIONES					
AB	0.0234083	1	0.0234083	1.02	0.3423
RESIDUOS	0.1838	8	0.022975		
TOTAL (CORREGIDO)	0.800025	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	0.00440833	1	0.00440833	5.19	0.0523
B:SUSTANCIA	0.0154083	1	0.0154083	18.13	0.0028
INTERACCIONES					
AB	0.00800833	1	0.00800833	9.42	0.0154
RESIDUOS	0.0068	8	0.00085		
TOTAL (CORREGIDO)	0.034625	11			

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:CONCENTRACION	1.41453	1	1.41453	1805.79	0.0000
B:SUSTANCIA	1.8723	1	1.8723	2390.17	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1.1532	1	1.1532	1472.17	0.0000
RESIDUOS	0.00626667	8	0.000783333		
TOTAL (CORREGIDO)	4.4463	11			

TABLA 8A. Análisis de varianza a 24, 48 y 72 horas respectivamente para pH – suma de cuadrados tipo III - Anova multifactorial



HIDROQUINN S.A.

NOMBRE : CARBÓN ACTIVADO

ESTADO : COMERCIAL

PROCEDENCIA : BRASIL

COSTO : $ 4.80/Kg

POROSIDAD : 1850 g/m^2

DENSIDAD : 0.45 g/cm^3

MALLA (*serie tyler*) : 60 - 80

FIGURA 17A. Ficha del carbón activado comercial



EQUIPO SIMULADOR	
ESPECIFICACIONES DEL ENSAMBLAJE	
BALDE	: 20 L
BOMBA DE AGUA	: ACTIVO
CAPACIDAD	: 30 W
VOLTAJE	: 230 V
CONEXIONES	: CABLE DE 6.3 mm
MANGUERA DE DRENAJE	: 1 pulg.
CAUDAL	: 1.8m^3/h-0.5L/s
ESTADO	: ACTIVO

Figura 18A. Equipo simulador

Tabla 9A. Contenido de datos analizados en el programa Statgraphics – Anova multifactorial

TIEMPO	CONCENTRACION	SUSTANCIA	COLIFORMES TOTALES (UFC)	CONDUCTIBILIDAD ELECTRICA (Us/cm)	SDT (mg/c)	TURBIEDAD (UNT)	PH
24	10	MH	535	1733	838	596	7.26
24	10	MH	548	1716	812	498	7.4
24	10	MH	529	1743	871	506	7.36
24	10	MC	303	1537	768	211	6.97
24	10	MC	306	1545	772	203	6.97
24	10	MC	385	1575	788	204	6.95
24	20	MH	524	3626	1841	849	6.85
24	20	MH	242	3610	1833	833	6.96
24	20	MH	203	3682	1833	836	6.93
24	20	MC	175	3075	1538	230	6.88
24	20	MC	98	3096	1548	244	6.38
24	20	MC	93	3107	1553	228	6.88
48	10	MH	430	1676	833	574	6.8
48	10	MH	480	1635	817	500	6.84
48	10	MH	450	1661	858	492.2	6.85
48	10	MC	190	1410	705	203	6.95
48	10	MC	160	1412	706	200	6.95
48	10	MC	134	1441	720	204	6.96
48	20	MH	242	3585	1813	768	6.83
48	20	MH	355	3667	1805	791	6.9
48	20	MH	354	3666	1793	785	6.8
48	20	MC	98	2753	1357	227	6.86
48	20	MC	102	2744	1372	243	6.87
48	20	MC	118	2757	1379	219	6.86
72	10	MH	304	1665	617	348	6.84
72	10	MH	285	1623	828	354	6.77
72	10	MH	202	1657	831	354	6.74
72	10	MC	100	1398	699	175	6.95
72	10	MC	110	1350	675	172	6.95
72	10	MC	95	1363	681	180	6.96
72	20	MH	203	3496	1748	761	5.5
72	20	MH	223	3415	1707	737	5.47
72	20	MH	251	3469	1734	770	5.46
72	20	MC	93	2561	1281	232	6.89
72	20	MC	85	2540	1270	204	6.89
72	20	MC	104	2560	1280	183	6.88