

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



Remoción de metales pesados de las aguas del Río Santa en el tramo Recuay – Ticapampa mediante biofiltro con cáscara de plátano.

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Gómez Murillo, Alexander Antonio

Asesor

Salazar Sánchez, Dante

Chimbote – Perú

2020

PALABRAS CLAVE:

| | |
|---------------------|------------|
| Tema | Remoción |
| Especialidad | Hidráulica |

KEYWORDS

| | |
|------------------|------------|
| Topic | Removal |
| Specialty | Hydraulics |

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| Línea de Investigación | Hidráulica |
| Área | Ingeniería y tecnología |
| Sub Área | Ingeniería Civil |
| Disciplina | Ingeniería Civil |

TÍTULO:

Remoción de metales pesados de las aguas del Río Santa en el tramo Recuay – Ticapampa mediante biofiltro con cáscara de plátano.

TITLE

Removal of heavy metals from the waters of the Santa River in the stretch of Recuay - Ticapampa through a biofilter with a banana peel.

RESUMEN

El proyecto de investigación tuvo como objetivo principal remover la concentración de metales pesados de las aguas del Río Santa mediante el uso de un biofiltro con cáscara de plátano. De manera previa a ello, se sometió a la cáscara de plátano por los siguientes tratamientos: lavado, secado, triturado y tamizado; estos tratamientos fueron realizados con el propósito de obtener un material muy fino, polvo de cáscara de plátano, el cual se utilizó en nuestro biofiltro como agente removedor de metales pesados.

El biofiltro (prototipo) elaborado para esta investigación fue de carácter domiciliario, el cual albergó en su interior dos dosificaciones de polvo de cáscara de plátano; los parámetros que se aplicaron en este proyecto fueron los siguientes: tamaño de partícula (0.59 mm, tamiz N° 30), cantidad de polvo de cáscara de plátano (20 y 30 gr) y tiempo de contacto (1 hora).

Luego del tratamiento mediante nuestro biofiltro, se procedió a calcular los porcentajes de remoción de metales pesados, obteniéndose un 89 % de remoción de Arsénico y un 92 % de remoción Plomo. De igual manera se comprobó que la cáscara de plátano presentó buena eficiencia para remover otros metales (no pertenecen al grupo de los pesados), pues se alcanzó un 88 % de remoción de Aluminio, 89 % de remoción de Hierro y 37 % de remoción de Manganeso.

Paralelo a la remoción de metales, también se analizó la variación de los parámetros físico químicos luego del tratamiento mediante el biofiltro, los parámetros analizados fueron los siguientes: pH, turbidez, conductividad y sólidos suspendidos totales.

ABSTRACT

The main objective of the research project was to remove the concentration of heavy metals from the waters of the Río Santa by using a biofilter with a banana peel. Previously, it was subjected to the banana peel by the following treatments: washing, drying, crushing and sieving; These treatments were performed in order to obtain a very fine material, banana peel powder, which was used in our biofilter as a heavy metal removal agent.

The biofilter (prototype) prepared for this research was domiciliary, which contained two dosages of banana peel powder inside; The parameters that were applied in this project were the following: particle size (0.59 mm, sieve No. 30), quantity of banana peel powder (20 and 30 gr) and contact time (1 hour).

After treatment using our biofilter, we proceeded to calculate the percentages of removal of heavy metals, obtaining 89% removal of Arsenic and 92% removal of Lead. In the same way, it was verified that the banana peel presented good efficiency to remove other metals (they do not belong to the heavy group), since it reached 88% removal of Aluminum, 89% removal of Iron and 37% removal of Manganese.

Parallel to the removal of metals, the variation of the physical-chemical parameters after treatment with the biofilter was also analyzed. The parameters analyzed were the following: pH, turbidity, conductivity and total suspended solids.

INDICE

| | |
|---|-----|
| Palabras clave – Línea de Investigación | i |
| Título de la investigación | ii |
| Resumen | iii |
| Abstract | iv |
| Índice | v |
| Introducción | 1 |
| Metodología | 27 |
| Resultados | 34 |
| Análisis y Discusión De Resultados | 54 |
| Conclusiones Y Recomendaciones | 58 |
| Agradecimiento | 61 |
| Referencias Bibliográficas | 62 |
| Anexos | 64 |

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Proceso de bioadsorción. (Paredes, 2011)
- Figura 2.** Punto de recolección de muestra de agua.
- Figura 3.** Remoción de Arsénico Experimental N° 1.
- Figura 4.** Remoción de Plomo Experimental N° 1.
- Figura 5.** Remoción de Aluminio Experimental N° 1.
- Figura 6.** Remoción de Hierro Experimental N° 1.
- Figura 7.** Remoción de Manganese Experimental N° 1.
- Figura 8.** Solidos Suspendidos Totales Experimental N° 1.
- Figura 9.** Turbidez Experimental N° 1.
- Figura 10.** Conductividad Experimental N° 1.
- Figura 11.** pH Experimental N° 1.
- Figura 12.** Remoción de Arsénico Experimental N° 2.
- Figura 13.** Remoción de Plomo Experimental N° 2.
- Figura 14.** Remoción de Aluminio Experimental N° 2.
- Figura 15.** Remoción de Hierro Experimental N° 2.
- Figura 16.** Remoción de Manganese Experimental N° 2.
- Figura 17.** Solidos Suspendidos Totales Experimental N° 2.
- Figura 18.** Turbidez Experimental N° 2.
- Figura 19.** Conductividad Experimental N° 2.
- Figura 20.** pH Experimental N° 2.
- Figura 21.** Iniciamos el proyecto adquiriendo los plátanos a utilizar, en este caso la variedad seda orgánico.

Figura 22. Procedemos a separar la cáscara del fruto, los cuales hicieron un peso de 6,475 kg.

Figura 23. Lavamos las cáscaras con abundante agua destilada para eliminar restos de pulpa y cualquier impureza.

Figura 24. El primer día de secado la cáscara de plátano redujo su peso de 6,475 kg a 2,930 kg.

Figura 25. Tercer día de secado de las cáscaras al sol.

Figura 26. Finalizado los 7 días de secado de las cáscaras al sol, observamos que las cáscaras redujeron su peso y tamaño considerablemente.

Figura 27. Finalizado los días de secado, se procedió a trozar las cáscaras de manera manual.

Figura 28. El peso de la cáscara antes de entrar a la estufa fue de 625 gr.

Figura 29. Colocamos la cáscara en una bandeja antes de introducirla en la estufa.

Figura 30. Colocamos la cáscara en la estufa para obtener un secado más completo.

Figura 31. La cáscara permaneció en la estufa por un tiempo de 24 horas a 80 °C.

Figura 32. El peso de la cáscara luego de terminado el secado en la estufa fue de 532 gr.

Figura 33. Luego de secado en la estufa, procedemos a triturar la cáscara con nuestro mortero.

Figura 34. La cascara triturada lo pasamos por el tamiz n° 30 (abertura 0.59 mm).

Figura 35. Observamos parte del polvo de cáscara de plátano que paso por el tamiz n° 30.

Figura 36. Pesamos 20 de polvo de cáscara de plátano para el Experimental N° 1.

Figura 37. Pesamos 30 gr de polvo de cáscara de plátano para el Experimental N° 2.

Figura 38. Pesamos 20 gr de polvo de cáscara de plátano pasado por el tamiz n° 100, esto con el fin de determinar su composición química.

Figura 39. Pesamos 20 gr de polvo de cáscara de plátano pasado por el tamiz n° 100, esto con el fin de determinar su pH.

Figura 40. Pesamos 150 gr de polvo de cáscara de plátano pasado por el tamiz n° 100, esto con el fin de determinar su cantidad de lignina.

Figura 41. Para una mejor apreciación se confecciono una estructura tipo escalonada en la cual se armó el biofiltro.

Figura 42. Armado del biofiltro sobre la estructura escalonada.

Figura 43. Apreciamos los estratos de piedra chancada colocados para la retención de sólidos.

Figura 44. Apreciamos las conexiones del biofiltro.

Figura 45. Recolección de las muestras de agua del Río Santa.

Figura 46. Se recolectaron un total de 10 L de agua para ser pasados por el biofiltro.

Figura 47. Por fines de conservación las muestras de agua fueron congeladas para que no pierdan sus propiedades.

Figura 48. Con ayuda de un GPS procedimos a tomar las coordenadas de nuestro punto de muestreo.

Figura 49. Vertimos la muestra de agua en nuestro biofiltro.

Figura 50. Vertimos por completo toda la muestra de agua extraída del Río Santa.

Figura 51. Dejamos reposar por espacio de 30 minutos la muestra de agua y nos percatamos que los sólidos empiezan a descender quedando retenidas en los estratos de piedras colocados.

Figura 52. Luego del tiempo de reposo, procedemos a abrir las válvulas permitiendo que el agua continúe su recorrido hasta llegar a entrar en contacto con ambas dosis de polvo de cáscara de plátano.

Figura 53. Luego que el agua entra en contacto con ambas dosis se deja reposar por espacio de 1 hora, finalizado este tiempo procedemos a abrir los caños y recoger el agua libre de metales.

Figura 54. Las muestras luego del tratamiento mediante el biofiltro fueron llevadas al laboratorio COLECBI S.A. para su análisis y así determinar los porcentajes de remoción.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química de la cáscara de plátano

Tabla 2: Límites permisibles de metales pesados

Tabla 3: Operacionalización de variables

Tabla 4: Nivel de concentración de metales en las aguas del Río Santa

Tabla 5: Parámetros físico químicos de las aguas del Río Santa

Tabla 6: Composición química elemental

Tabla 7: Composición química expresado en óxidos

Tabla 8: Cantidad de Lignina de la cáscara de plátano

Tabla 9: pH del polvo de cáscara de plátano

Tabla 10: Metales pesados Experimental N° 1

Tabla 11: Otros metales Experimental N° 1

Tabla 12: Parámetros físico químicos Experimental N° 1

Tabla 13: Metales pesados Experimental N° 2

Tabla 14: Otros metales Experimental N° 2

Tabla 15: Parámetros físicos químicos Experimental N° 2

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Panel Fotográfico

Anexo 02: Resultados de la muestra patrón de agua

Anexo 03: Resultados Experimental N° 1

Anexo 04: Resultados Experimental N° 2

Anexo 05: Fluorescencia de Rayos X

Anexo 06: Resultados de Cantidad de Lignina del polvo de cáscara de plátano

Anexo 07: Resultados del pH del polvo de cáscara de plátano

Introducción

Antecedentes y fundamentación científica

Antecedentes

Nivel Internacional

Laura, H., Gabriela, M., Elba, M. (2019) en su tesis titulada “Elaboración de un material biosorbente a partir de la cáscara de plátano (*musa sp.*) para ser utilizado en la remoción de cromo vi proveniente de las aguas residuales de la industria de curtiembre” investigaron el uso de la cáscara de plátano ya que este es la base para la elaboración de un material biosorbente cuya finalidad es utilizarlo para tratar las aguas residuales de las industrias de curtiembre mediante la biosorción, que viene a ser el mecanismo para la remoción del contaminante principal. De tal manera que puedan ser retenidas grandes cantidades de Cromo y así ser descontaminados los cuerpos líquidos. La elaboración óptima de este biosorbente se llevó a cabo iniciando con la etapa de lavado, secado, triturado y tamizado, es así como se logró obtener el material en polvo que luego se colocó en el sistema de contacto sólido - líquido.

La concentración final de Cromo de las muestras de agua residual industrial fueros las variables a evaluar. Se logró conseguir un 98 % de remoción máxima del analito de interés de acuerdo a la cantidad de material agregada y el tiempo de contacto. Analizando los resultados se logró determinar que el modelo isotérmico aplicable al material biosorbente fue el modelo de Freundlich y el modelo cinético fue el de Pseudo Segundo Orden.

Bismark, C. (2015) en su tesis titulada “Uso de la cáscara de banano (*musa paradisiaca*) maduro deshidratada (seca) como proceso de bioadsorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas” evaluó la capacidad de bioadsorción de Cr y Pb por la cáscara de banano maduro que desecha la empresa ecuatoriana CONFOCO S.A. durante la deshidratación.

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar la capacidad de bioadsorción de la harina de la cáscara de banano maduro para eliminar metales pesados y su porcentaje de remoción de estos metales. Los parámetros considerados fueron dos: el tamaño de partícula de la cáscara de banano (250, 400 y 845 μm) y las cantidades del polvo de cáscara de banano (10, 15 y 20 g/L). El estudio se basó en preparar soluciones con diferentes cantidades de harina de cáscara de banano con tres tamaños de partícula diferente, agregando otras soluciones de 50 ppm de Cromo y 50 ppm de Plomo. Durante este proceso de bioadsorción se midió el pH cada 8 horas. El proceso fue llevado a cabo en reactores tipo “Batch”, y de esta manera determinar los factores que influyen en la bioadsorción de los metales en estudio. Los resultados muestran un alto porcentaje de bioadsorción de 51.2 % \pm 5,48 para el cromo y 80 % \pm 1,75 para el plomo. El tiempo de retención hidráulica fue de 48 horas para los dos metales en estudio. El análisis estadístico indica que existe una diferencia significativa ($p < 0,05$) en la bioadsorción de Pb con diferentes concentraciones de cáscara de banano, a mayor concentración de cáscara, mayor % de bioadsorción de Pb; el pH ligeramente ácido (6,9 y 5,4), favoreció considerablemente a la bioadsorción, esto debido a que aumenta el grado de protonación de la superficie de la cáscara, por ende, la bioadsorción de los metales pesados también aumenta.

Alejando, G. (2016) en su tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de la utilización de residuos orgánicos de cáscara de banano como alternativa en la descontaminación de Metales Pesados en el agua del cauce de Río Bogotá antes de su desembocadura en el Río Magdalena en el Municipio de Girardot” evaluó la eficiencia de la utilización de biomasa de cáscara de banano en la remoción de metales pesados tales como arsénico, cadmio, cromo, plomo y mercurio en el agua del Río Bogotá antes de su desembocadura en el Río Magdalena en la ciudad de Girardot, sector Salsipuedes. Se tomaron dos muestras de agua del Río Bogotá para analizar los parámetros

físico-químicos y de metales pesados de una muestra sin tratamiento y de otra luego de ser sometida al proceso de tratamiento con biomasa de cáscara de banano. La biomasa se preparó secando cáscaras de banano al sol, luego fueron trituradas y se pasaron por el tamiz número 40 (0.420 mm). El proceso de tratamiento se llevó a cabo a una temperatura de 34 °C, se adicionó biomasa de cáscara de banano en proporción de 60 gramos por litro de agua, se agitó durante 30 minutos y luego se realizó una filtración básica para remover la biomasa de cáscara de banano del agua tratada. Los resultados mostraron que el río Bogotá en el punto de muestreo presenta un pH alcalino igual 7.87; también, que este reporta niveles de metales pesados por encima de los máximos aceptables por la normatividad colombiana para consumo humano. El río reporta cuatro veces por encima el valor de los niveles máximos de arsénico y mercurio aceptables, seis veces el nivel de cadmio máximo admisible y 46 veces el valor máximo aceptable de plomo en el agua para consumo humano de acuerdo con la normatividad colombiana.

Nivel Nacional

Eder, G.; Julio G. (2016) en su tesis titulada “Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre la adsorción de plomo (Pb) y zinc (Zn) con cáscara de plátano (*Musa Sapientum*), en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico” realizaron un estudio para determinar la adsorción de plomo y zinc en agua mediante el uso de cáscaras de plátano (*Musa Sapientum*), utilizadas como filtro. Primero se propuso la elaboración de un filtro a base de polvo de cáscara de plátano (*Musa Sapientum*). Se trabajaron con 2 muestras a temperaturas diferentes (35, 50, 65 y 80 °C) y con diferentes velocidades de agitación (50 y 80 rpm).

Con los resultados obtenidos en la cuantificación calcularon el porcentaje de adsorción de Plomo y Zinc para cada filtro. El porcentaje mayor de adsorción de plomo fue de 79.76 % y para el zinc fue de 66.37 %, operando con una velocidad de agitación de 80 rpm, y una temperatura de

80 °C. Con esto podemos comprobar que la cáscara de plátano (*Musa Sapientum*), posee gran capacidad de adsorción de plomo y zinc en agua. Por lo tanto, se convierte en una alternativa viable para la eliminación de metales pesados del agua residual.

Katherine, R. (2017) en su tesis titulada “Eficiencia de tres variedades de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) para la remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas a nivel laboratorio, Sjl – 2017” tuvo como objetivo principal evaluar la eficiencia de las tres variedades de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) para la remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas a nivel laboratorio. Además se planteó bajo el diseño completo al azar con 3 tratamientos: T1 con la variedad de cáscara de plátano hartón, T2 con la variedad de cáscara de plátano palillo y el T3 con la variedad de cáscara de plátano isla, cada uno con tres replicas y un vaso de 0,5 L de agua contaminada como unidad experimental, en la cual se emplearon 5 gramos del adsorbente en 0,5 L de agua con 117 mg/L de cromo, la cual tenía un tamaño de partícula de 250 μm , en un periodo de 60 min con una velocidad de agitación de 250 Rpm/min. Finalizado los tratamientos se tuvo como mejor resultado la eficiencia del T1 con el empleo de la cáscara de plátano hartón, el cual obtuvo una remoción del 62 %, quedando así demostrado que los adsorbentes de las tres variedades de cáscara de plátano tienen capacidades y eficiencias diferentes para remover concentraciones de cromo VI presentes en el agua.

Fundamentación Científica

Metales Pesados

Los metales pesados son un conjunto de elementos químicos que poseen alta densidad (mayores o iguales a 5 gr/cm³) y tienen un número atómico > 20 (se excluyen los alcalinotérreos y los alcalinos). Estos metales son elementos naturales de la superficie terrestre, es decir, no pueden ser degradados o destruidos.

También es importante dejar en claro que, no todos los metales pesados suelen ser tóxicos, pues muchos de ellos son imprescindibles para la salud humana, pero en bajas concentraciones, debido a que estos permiten funcionar de una mejor manera a nuestro cuerpo. Estos son el cobalto, el zinc, el hierro, entre otros. Sin embargo, una elevada concentración de metales pesados en nuestro organismo podría resultar muy perjudicial para nuestra salud.

También es importante indicar que los metales pesados tienen una densidad cinco veces más elevada que la del agua. Estos tienen aplicación directa en variados procesos de producción de bienes y servicios, los metales más importantes son:

Aluminio:

Aunque el aluminio no pertenece al grupo de los metales pesados (su gravedad específica varía entre 2.55 a 2.80), este representa un aproximado del 8 % de la superficie terrestre y está catalogado como el tercer elemento más abundante. Lo encontramos disponible fácilmente para la ingesta del ser humano a través del agua potable.

Arsénico:

El arsénico viene a ser la causa más frecuente de intoxicación aguda por metales pesados en personas adultas. Este es liberado al medio ambiente por la fundición de cobre, plomo y zinc, así mismo por la elaboración de gafas y productos químicos. Un subproducto común es el gas arsina

el cual es producido por la elaboración de plaguicidas que tienen arsénico. Este metal también lo podemos encontrar en los suministros de agua del mundo entero, dando origen a la exposición de los mariscos, el eglefino, el bacalao, etc. Otros productos donde podemos encontrar son los raticidas, las pinturas, los conservadores de madera y los fungicidas.

Cadmio:

El cadmio viene a ser un subproducto de la actividad minera y de la fundición de zinc y plomo. Se utiliza para la elaboración de plásticos de PVC, baterías de níquel-cadmio, y pigmentos de las pinturas. Ocurre principalmente en aleaciones con el zinc y puede llegar hasta el agua mediante la fabricación de galvanizados (conexiones galvanizadas y tubos).

Cobre:

El cobre en niveles elevados se convierte en tóxico y suele producir vómitos, diarreas, pérdida de fuerza, si la exposición es grave, cirrosis del hígado. Dentro del agua toma un color azul-verde, sale del interior de las tuberías y llega al agua como un precipitado. Solo en un pequeño porcentaje de casos se produce esta reacción.

Hierro:

Un metal pesado bastante común en el agua es el hierro, es importante ser cuidadoso en la ingesta de suplementos que contienen hierro, y en las dietas este puede envenenar de manera aguda a los niños pequeños. Su ingesta representa la principal parte de los efectos tóxicos del hierro, pues este metal es absorbido rápidamente por el tracto gastrointestinal. Su naturaleza corrosiva suele aumentar mucho más su absorción. Este suele causar manchas de color marrón oxidado o rojo en los accesorios o ropa y/o en el caso del agua darle un sabor metálico.

Mercurio:

Un metal se genera de manera natural en el medio ambiente producto de las emisiones volcánicas y de la desgasificación de la corteza terrestre es el mercurio. Se pueden distinguir tres formas: el mercurio orgánico e inorgánico y el mercurio elemental. El mercurio atmosférico es dispersado a todo el mundo a través de los vientos y regresa a la tierra por medio de precipitaciones, las cuales se acumulan en los medios acuáticos.

Río Santa

El Río Santa nace en la laguna Conococha a una altura de 4 050 m.s.n.m. y atraviesa todo el Callejón de Huaylas de sur a norte, y continua por el nudo cordillerano del Cañón del Pato. En su tramo final actúa como límite natural con el departamento de La Libertad y toma un curso nordeste-suroeste hasta avemar el Océano Pacífico, al norte de la ciudad puerto de Chimbote.

La cuenca del Río Santa alcanza los 12 006 km de extensión, por lo cual es denominada como una de las más importantes de la costa norte del Perú, ya sea por el gran tamaño de su caudal, la estabilidad de su corriente o por sus valores hídricos, que está dada por la regulación que proviene de los glaciares tropicales más grandes en el planeta, así como por una gran diversidad de punas y humedales que lo acompañan.

La extensión del Río Santa abarca 60 distritos del departamento de Ancash, parte desde el nivel del mar y llega hasta la Cordillera Occidental de Los Andes, llegando a alcanzar puntos de altitud que fácilmente superan los 4 000 m.s.n.m., siendo el Nevado Huascarán Sur el punto más alto, con una altura que bordea los 6 768 m.s.n.m. Esta magnitud de cuenca sólo la supera el Río Chira.

Este magnífico río cuenta con las aguas de 23 ríos, dentro de los cuales, 21 de estos llegan desde la Cordillera Blanca y dos desde de la Cordillera Negra.

Ciudades Cercanas

- 0 km Conococha (4 050 m.s.n.m.)
- 62 km Recuay (3 422 m.s.n.m.)
- 88 km Huaraz (3 090 m.s.n.m.)
- 126 km Carhuaz (2 650 m.s.n.m.)
- 153 km Yungay (2 500 m.s.n.m.)
- 163 km Caraz (2 290 m.s.n.m.)
- 205 km Huallanca (1 820 m.s.n.m.)
- 215 km Yuracmarca (1 420 m.s.n.m.)
- 343 km Santa (20 m.s.n.m.)

Contaminación en el Río Santa

Un estudio de calidad de aguas realizado en el Río Santa publicado en el año 2017 reveló que el drenaje tributario del relave hacia la cuenca excede 100 veces los niveles máximos de contaminantes para concentraciones de metales en agua y sedimentos. Dicho estudio también reveló que el Río Santa se encuentra contaminado principalmente por elevadas concentraciones de metales pesados, como manganeso, arsénico y plomo. La investigación recomendó comprobar que la población cercana que habita aguas abajo del relave tenga conocimiento del gran riesgo que implica utilizar las aguas y los sedimentos del río, también recomendó realizar más estudios para verificar el impacto de estos contaminantes en la salud humana y de los ecosistemas en la cuenca hidrográfica del Santa y en la entrega de las aguas en la costa al océano Pacífico.

Bioadsorción

La bioadsorción viene a ser un proceso de adsorción mediante el cual se captan diversas sustancias químicas usando una biomasa (viva o muerta), ya sea por mecanismos fisicoquímicos como son la adsorción o el intercambio iónico. Durante el proceso existen diversas variables que influyen en la capacidad de adsorción, entre ellas podemos mencionar: la relación entre adsorbente/disolución, el pH y el tamaño de partícula (Vargas, Cabañas, Gamboa, & Domínguez, 2009).

El proceso de bioadsorción cuenta con una fase sólida -biomasa- (adsorbente) y otra fase que es líquida (solvente) el cual alberga los contaminantes disueltos (adsorbatos) que van a ser retenidos por el sólido. Para la realización de este proceso debe existir afinidad del adsorbente por los adsorbatos, para que estos últimos sean conducidos hacia el sólido donde serán retenidos por diferentes mecanismos. La operación continúa hasta que se forma un equilibrio entre los adsorbatos disueltos y los adsorbatos enlazados al sólido. El usar biomasa muerta tiene ventajas sobre la utilización de biomasa viva, pues en este último no es necesario agregar nutrientes, el adsorbente resulta inmune a la toxicidad o a condiciones adversas de operación, los procesos no están sujetos a limitaciones biológicas, es más fácil la recuperación de los metales y la biomasa se comporta como un intercambiador de iones. No obstante, a lo anterior, deben tenerse en cuenta los inconvenientes que conlleva este proceso tales como son: la rápida saturación del sólido, alta sensibilidad hacia los cambios de pH, y el hecho que el estado de valencia que posee el metal no puede ser alterado biológicamente, entre otros (Pinzón & Vera, 2009).

Los primeros intentos en el campo de la bioadsorción son atribuidos a Adams y Holmes (1935) (Pinzón & Vera, 2009). Los investigadores describieron la eliminación de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} por resinas de tanino.

Adsorbato (Fase Líquida Que Contiene Metales)

Es la sustancia que se encuentra adsorbida en la superficie del adsorbente: es decir, el adsorbato queda adherida en la superficie del adsorbente por un proceso de adsorción.

Adsorbente (Cáscara De Plátano)

Sólido que posee la capacidad de atraer o retener en su superficie un componente presente en cuerpos líquidos o gaseosos. Se caracteriza por tener una superficie específica alta y también por su inercia química frente al medio en el cual se van a emplear.

Mecanismo de Bioadsorción

El mecanismo de biosorción depende principalmente de los grupos funcionales que presenta la superficie de una biomasa, el comportamiento del metal y también la matriz de alrededor de las especies biosorbentes. La concentración inicial del metal, la temperatura, las dosificaciones de biomasa y el pH son factores determinantes para la biosorción (Eggs, Salvarezza, Azario, Fernández, & García, 2012).

Las complejidades presentes en las estructuras biosorbentes, conlleva a que existan diversas maneras en la que los contaminantes sean capturados. Existen variados mecanismos de biosorción y estos a su vez dependen del material sorbente y de la sustancia a ser retenida. En repetidas ocasiones los mecanismos que tienen lugar en un proceso de biosorción no son fáciles de explicar. El proceso continuara hasta alcanzar el equilibrio (Ramón, 2010).

La unión del metal (adsorbato) a la biomasa (adsorbente), atribuida al intercambio iónico/adsorción/complejación/microprecipitación/cristalización en la pared celular, principalmente ocurre por una unión física (las fuerzas de London y/o de Van der Waals) o también por una unión química (covalente o iónica) entre el adsorbente y el adsorbato. Hasta el momento, no ha sido totalmente establecido el mecanismo de adsorción exacto.

Por la complejidad de los biosorbentes, la retención de los metales se origina por la coexistencia de procesos de microprecipitación, intercambio iónico y adsorción (Volesky, 2003).

Intercambio Iónico

El intercambio iónico se basa en la sustitución de los iones presentes inicialmente en la superficie del sólido por iones de la misma carga que se encuentran en el seno de la disolución. Este intercambio está dado por una reacción química estequiométrica y reversible.

Adsorción

La adsorción viene a ser la acumulación de moléculas de soluto sobre la superficie de un sólido. De la adsorción física o fisisorción se distingue que, la sustancia adsorbida conserva su forma química original y en la que intervienen atracciones de tipo electrostático y fuerzas de Van der Waals; y de la adsorción tipo químico o quimisorción se distingue que, la sustancia adsorbida cambia su forma química original esto debido a la interacción con el sólido. En conclusión, para la adsorción física, la velocidad global del proceso está controlada por las etapas de transferencia de materia, ya que la retención es inmediata porque depende únicamente de la frecuencia de colisión y de la orientación de las moléculas. Por otro lado, si la adsorción es de tipo químico, esto implica la formación de enlaces, la etapa de la reacción química puede ponerse lenta y llegar a controlar todo el proceso (Seader & Henley, 2006).

La adsorción de tipo física no es específica y las fuerzas de atracción entre el adsorbato y la superficie del sólido son relativamente débiles. Su energía de activación es menor que en la adsorción química. A este tipo de adsorción, el aumento de la temperatura lo afecta negativamente.

La adsorción de tipo química es específica y las fuerzas de atracción son de mayor magnitud que en la adsorción física. Las moléculas adsorbidas químicamente están unidas a la superficie del adsorbente por fuerzas similares a las que mantienen unidos a los átomos en las moléculas.

Descripción del Proceso de Bioadsorción

En la figura se muestra las etapas sucesivas del proceso de adsorción.

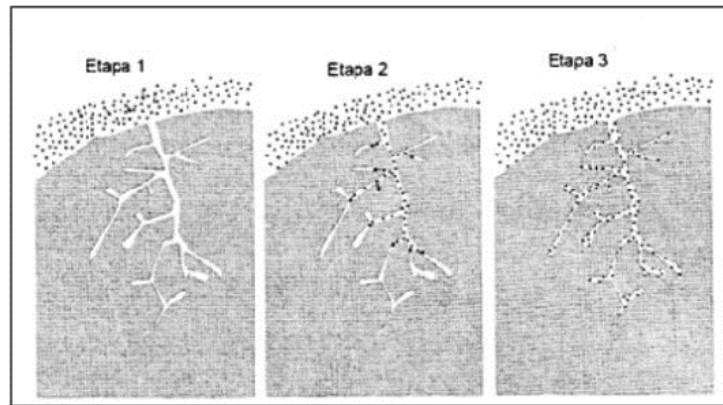


Figura 1. Proceso de bioadsorción. (Paredes, 2011)

Etapa 1. Difusión externa.

En esta primera etapa el adsorbato se acerca a la superficie externa del sólido (adsorbente), para conseguirlo, deberá vencer la resistencia de una fina capa acumulada alrededor del adsorbente (interface sólido-fluido).

Etapa 2. Difusión interna.

En esta etapa el adsorbato migra por medio de la red porosa del sólido debido a que la superficie externa expuesta por las partículas tiende a ser menor al 1% del total.

Etapa 3. La adsorción del adsorbato.

Ya en esta última etapa, el adsorbato queda adherida a la superficie del adsorbente.

Tipos de Bioadsorción

En el fenómeno de la adsorción se pueden diferenciar claramente dos comportamientos límites, denominados fisisorción y quimisorción, en algunos casos también es común observar comportamientos intermedios.

Fisisorción

Este tipo de adsorción que toma lugar gracias a las fuerzas de Van der Waals. Se le conoce como fuerzas de Van der Waals al conjunto de interacciones electrostáticas o al conjunto de fuerzas que se forman entre moléculas o átomos y que no pueden ser consideradas como enlaces covalentes ni como enlace puramente iónico, de ellos se puede mencionar las interacciones ion-dipolo, dipolo-dipolo, fuerzas de atracción o de dispersión de London y las fuerzas de repulsión de Van der Waals. La adsorción con estas fuerzas no cambia la naturaleza química de la especie adsorbida. Este fenómeno es más general y menos específico. En su mayoría, la adsorción de sustancias orgánicas en el agua con carbón activado es de naturaleza física.

En la adsorción física, por lo general, predomina a baja temperatura, y se caracteriza tener una energía de adsorción relativamente baja, esto quiere decir que, el adsorbato no está fuertemente adherido al adsorbente como es el caso de la adsorción química donde se necesita elevadas energías de adsorción debido a que el adsorbato forma enlaces fuertes en los centros activos del adsorbente (Driss, 2010).

Las moléculas del gas permanecen unidas a la superficie del sólido debido a las fuerzas de Van der Waals (interacciones dipolares, dispersión y/o inducción). Este hecho define claramente todas las características de la fisisorción (Cruz, 2014).

Características De La Fisisorción

- Es de interacción débil.
- Este proceso es exotérmico (las fuerzas de Van der Waals son atractivas) en el cual se liberan calores, son similares a las entalpías de condensación de la sustancia adsorbida. La energía liberada es adsorbida en forma de vibración por la red del sólido y lo podemos medir por el incremento de temperatura de la muestra.

- La molécula fisisorbida mantiene su naturaleza ya que la energía es la suficiente para romper el enlace, aunque su geometría puede presentarse algo distorsionada.
- La fisisorción viene a ser un proceso no específico debido a que las fuerzas que intervienen no lo son y no existe una selectividad definida entre el adsorbato y el adsorbente.
- La fisisorción se produce en multicapas, sobre una capa de gas fisisorbida se puede adsorber otra.

Quimisorción

La quimisorción o adsorción activa, se origina cuando la sustancia adsorbida sufre una transformación o modificación debido a las interacciones químicas con el adsorbente, esta es más o menos intensa. La adsorción se restringe a una monocapa con necesidad de energía de activación mayor que en el caso de la fisisorción, para las modificaciones químicas de la especie absorbida es necesaria esta energía, el orden de los enlaces químicos establecidos debido a que el adsorbente forma unos enlaces localizados fuertes en los centros activos del adsorbente.

La interacción química que se da entre el adsorbente y el adsorbato viene siendo favorecida por una elevada temperatura, esto debido a que las reacciones químicas tienen lugar más rápido a temperaturas elevadas que a temperaturas bajas (Driss, 2010).

Características De La Quimisorción

- Presenta especificidad, sólo algunos sitios superficiales adsorben ciertas moléculas.
- Existe una interacción de los estados electrónicos del adsorbato y del adsorbente, lo que podemos traducir como la formación de un enlace químico verdadero.
- El desprendimiento de una elevada cantidad de calor es una de las consecuencias de la reacción química superficial (rompimiento y formación de enlace).

- Para dar inicio al proceso de quimisorción se requiere de un suministro de cierta cantidad de energía (energía de activación). Proceso activado no espontáneo.

Los nuevos enlaces que se forman en la superficie metálica debido a la quimisorción son siempre en alguna medida polares debido a la diferencia de electronegatividad entre los átomos. Esto ocasiona un cambio en el número de electrones de conducción en el sólido, el cual finalmente es puesto en evidencia a través de medidas de conductividad eléctrica. Estos cambios no ocurren dentro de la fisisorción (Avalos & Chale, 2006).

Bioadsorción para la Eliminación de Metales Pesados

La bioadsorción es un procedimiento alternativo a los métodos tradicionales de depuración para aguas residuales que contienen metales pesados, este hace referencia a un tipo de adsorción específico, en la que a la fase sólida se le conoce con el nombre de bioadsorbente. Los materiales bioadsorbentes son de origen biológico y poseen propiedades tanto de adsorbentes como de intercambiadores de iones, y también tienen propiedades que les confieren elevadas capacidades para la retención de metales, siendo estas capaces de disminuir su concentración en la disolución a niveles de ppb (Volesky, 2001). Esta técnica se puede utilizar para darle tratamiento a grandes cantidades de aguas residuales con concentraciones de metales.

Ventajas de la Bioadsorción

La bioadsorción ofrece las siguientes ventajas frente a otros tratamientos:

1. Es una tecnología de bajo costo, por el reducido precio de los materiales bioadsorbentes, el reducido consumo energético del proceso y la poca necesidad de reactivos.
2. Tiene una alta eficiencia, principalmente cuando la concentración de metal en el agua residual es baja, situación, por otra parte, en la que las técnicas convencionales muestran resultados ineficientes.

3. La regeneración de una gran parte del material bioadsorbente es posible, pudiendo ser este reutilizado en ciclos sucesivos de adsorción-desorción.

4. La recuperación del metal se puede permitir mediante un proceso de regeneración en el que se obtiene una solución concentrada en el compuesto de interés.

5. Frente a la precipitación, la bioadsorción no genera fangos químicos, el único residuo de todo el proceso es un bioadsorbente agotado tras sucesivos ciclos de bioadsorción/regeneración.

6. Permite apreciar el valor de los residuos que se utilizan como bioadsorbentes. Cuando se emplea materiales residuales de diversa procedencia sin ningún tratamiento previo, y sobre todo sin carbonización previa, el impacto en el ambiente se reduce considerablemente frente a otros adsorbentes tradicionales como los carbones activados.

Material bioadsorbente

Los bioadsorbentes son materiales naturales que se encuentran disponibles en grandes cantidades, o productos residuales de ciertas operaciones agrícolas o industriales, que se pueden utilizar para la retención de sustancias contaminantes, debido a su reducido costo (Cardona, Cabañas & Zepeda, 2013).

Los materiales bioadsorbentes en sus paredes celulares poseen polisacáridos, lípidos y proteínas, y, por ende, numerosos grupos funcionales los cuales son capaces de enlazar metales pesados en su superficie. Dentro de los grupos funcionales presentes se pueden mencionar los grupos carboxílico, amino, fosfato, hidroxílico y tiol, que difieren en su especificidad y afinidad respecto a la susceptibilidad para unirse a los diversos iones metálicos (Cardona, Cabañas & Zepeda, 2013).

En los últimos años las diversas investigaciones realizadas sobre biosorción han centrado su atención en aprovechar los materiales residuales y los diversos subproductos que genera la

industria a lo largo de la realización de sus operaciones, para utilizarlos como adsorbentes modificados o sin modificación, como el olivo y sus subproductos sólidos (Driss, 2010).

Tipos De Material Bioadsorbente

Por su bajo costo y por la eficiencia que representa el empleo de materiales de origen natural, es grande el número de investigaciones que han trabajado con biomásas residuales o naturales como bioadsorbentes de diversos metales (Driss, 2010). Dentro de los biomateriales marinos tenemos, en concreto las algas, bacterias, hongos y levaduras, sustancias húmicas, lodos y plantas acuáticas (Keskinan, 2004).

Dentro de los muchos sólidos que se han empleado como material bioadsorbente tenemos: las hojas y cortezas de coníferas, cáscara de nuez, cacahuete, arroz, cáscara de toronja, cáscara de naranja, cáscara de plátano, huesos de aceituna, etc. (Cardona, Cabañas & Zepeda, 2013).

El Plátano

El plátano es una fruta cuya clasificación fue dada por Carlos Linneo en el año 1753 como *Musa paradisiaca*, de familia musácea, del género *Musa*. De la cual se incluyen dentro de las musáceas los plátanos *Musa paradisiaca* y los plátanos *Musa cavendishii*. Este fruto conforme su estado de maduración varía desde un color verde hasta un color amarillo, con un posterior ennegrecimiento cuando ya se está pasando de maduro. Tiene sabor más o menos dulce. Su planta es herbácea perenne, ya que luego de su fructificación, las partes aéreas son remplazadas por unas nuevas, no posee tallo verdadero, sino posee vainas foliares llamadas pseudotallos, asimismo cuenta con un órgano subterráneo conocido como cepa, formado por un cilindro central rodeado de un cortex protector del que emergen las raíces, las flores y los retoños o hijos que continuarán la vida de la planta. Produce entre 300 a 400 unidades por espiga, tiene un periodo de 80 y 180 días en desarrollarse por completo.

Composición Química de la Cáscara de Plátano

La cáscara es la corteza del fruto, tiene un alto contenido de potasio y es rica en taninos, en base seca su cáscara tiene un 13% de contenido de fibra: donde los componentes principales son: hemicelulosa (15%), celulosa (25%) y lignina (60%). De ello que considerarla como material adsorbente desde un punto de vista de reutilizar este desecho para darle un fin benéfico para la industria, específicamente en el tratamiento de aguas, mediante el proceso de biosorción, resulta una alternativa tentativa y viable, ya que la cáscara de plátano molida posee la capacidad de extraer iones de metales pesados del agua debido en gran parte a la lignina, polímeros insolubles con un alto peso molecular, que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos (coniferílico, cumarílico y sinapílico).

De ello que se propone reutilizar los residuos de las cáscaras de plátano para mitigar los desencadenantes problemas originados por la presencia de metales pesados en el agua mediante el proceso de biosorción.

Tabla 1. *Composición química de la cáscara de plátano*

| Cáscara de plátano | |
|---------------------------|--------------------|
| Componentes | % base seca |
| Almidón | 39,89 |
| Humedad | 89,1 |
| Hemicelulosa | 14,8 |
| Celulosa | 13,2 |
| Lignina | 14 |
| Magnesio | 0,16 |
| Calcio | 0,26 |
| Cenizas | 11,37 |

Fuente: Laboratorio de Microbiología. (UNC) (Monsalve J. Medina V. Ruiz, 2006)

Biofiltro

Los biofiltros son dispositivos empleados para la eliminación de contaminantes disueltos en el agua tales como metales, bacterias, etc. Usarlos contribuye a prevenir la contaminación de cuerpos de agua subterráneos y superficiales, originada por el vertimiento directo del agua residual. Estos filtros se caracterizan por usar un biomaterial como agente removedor de contaminantes.

Filtración

La Filtración

La filtración es el proceso mediante el cual las partículas sólidas que se encuentran en un fluido ya sea gaseoso o líquido se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que otorga el paso del fluido a través de él, pero reteniendo las partículas sólidas.

En la filtración intervienen los siguientes elementos:

1. Un medio filtrante
2. Un fluido con sólidos en suspensión y/o contaminantes (metales)
3. Una diferencia de presión que produzca una fuerza que obligue al fluido a avanzar.

La eficiencia de un biofiltro depende de las características y propiedades de interacción de este y del elemento o sustancia a retener por su capacidad para desarrollar diversos procesos en su interior como conversión, descomposición biológica e intercambio iónico, adsorción, absorción, precipitación, reducción química, oxidación, entre otros.

Marco Legal

Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Los Estándares de Calidad Ambiental son indicadores de calidad ambiental, los cuales miden el grado de concentración de las sustancias, elementos u otros en el agua, aire o suelo. Su principal fin es fijar límites que representan el nivel a partir del cual se puede ver significativamente afectado el medio ambiente y la salud humana.

Límite Máximo Permisible (LMP)

Los Límites Máximos Permisibles miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, que se encuentran presentes en los efluentes, emisiones o descargas generadas por una actividad productiva (minería, industria, pesquería, electricidad, etc.), que al exceder causa daño a la salud humana y al medio ambiente. A continuación, en la tabla 2 mostramos los límites permisibles con respecto a los metales pesados en el agua.

Tabla 2. *Límites permisibles de metales pesados*

| Metales Pesados | Limite Permisible (mg/L) |
|------------------------|---------------------------------|
| Arsénico (As) | 0.01 |
| Cadmio (Cd) | 0.01 |
| Cromo (Cr) | 0.05 |
| Cobre (Cu) | 2 |
| Mercurio (Hg) | 0.001 |
| Níquel (Ni) | 0,02 |
| Plomo (Pb) | 0,01 |
| Cinc (Zn) | 3 |

Fuente: Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

Justificación De La Investigación

Para disminuir la toxicidad de los metales pesados y facilitar su reutilización o su desecho, estos son sometidos a procesos que pueden provocar cambios en su estado físico y/o en su estado de oxidación. En el caso de las aguas residuales, los metales pesados pueden ser removidos por precipitación química, reducción, adsorción e intercambio iónico, y adición de un agente reductor, también se ha estudiado el aislamiento de microorganismos y su capacidad de remoción y/o reducción de metales pesados en sitios contaminados. Por otra parte, también se han utilizado materiales de desecho, como residuos urbanos o industriales agrícolas para la recuperación y/o eliminación de plomo de fuentes industriales contaminados, dentro de ellos encontramos: corteza de árbol, residuos de manzana, cáscara de tamarindo, cáscara de naranja, cáscara de mandarina y cáscara de plátano. Estos materiales son desechos, por lo tanto, resultan económicos, y vale la pena realizar estudios sobre su efectividad para el tratamiento o eliminación de metales pesados del agua.

La contaminación del agua por efluentes provenientes de la minería genera gran preocupación, ya que estos poseen una alta cantidad de metales pesados, tales como el plomo, arsénico, cadmio, etc., los cuales se caracterizan por tener una alta densidad y que por lo general son tóxicos para el ser humano; a todo esto se suma que cada vez se acrecientan más las concesiones mineras instaladas en nuestro país y mucho peor aún es que en algunos casos se desarrolla de manera informal, esto origina que la situación sea muchísimo más preocupante.

Por todo ello se hace necesario desarrollar y aplicar nuevas tecnologías que nos permitan la recuperación de estas aguas o por lo menos poder disminuir la concentración de estos metales presentes en el mismo y sobretodo que puedan estar por debajo de los Límites Permisibles (LP).

Problema

Realidad Problemática

En la actualidad, uno de los sectores más importantes en la economía de nuestro país es la minería, sin embargo, al ser esta una actividad netamente extractiva trae consigo muchos impactos, gran parte de ellos negativos para el ser humano y el medio ambiente, sobretodo dañando los recursos naturales como el suelo, la flora, la fauna, el aire y el agua.

El Río Santa, hasta la actualidad viene siendo contaminada por los efluentes de diversas compañías mineras, las cuales se encuentran ubicadas en el pasivo Recuay – Ticapampa, dentro de las cuales destacan la Compañía Minera Alianza S.A., Compañía Minera Lincuna S.A., entre otras, estos efluentes que en su mayoría son relaves mineros, contienen metales pesados tales como zinc, plomo, cobre, plata, arsénico; los cuales podrían causar daños irreversibles al medio ambiente y problemas de salud muy serios a la población, tales como enfermedades cardiovasculares, alteración del sistema nervioso, entre otros.

De acuerdo a lo anteriormente dicho, es que surge la necesidad de investigar, indagar y sobre todo descubrir nuevas técnicas y métodos con los cuales podamos recuperar estas aguas contaminadas de una manera eficiente, para evitar que estos representen alguna amenaza principalmente para el medio ambiente y la salud humana.

En este proyecto de investigación, se evaluó la eficiencia de un biofiltro con polvo de cáscara de plátano para la remoción de metales pesados de las aguas del Río Santa en el tramo Recuay – Ticapampa, todo ello con el único fin de poder recuperar estas aguas. El alcance de esta nueva tecnología radica en poder demostrar su eficiencia con el cual podemos contribuir para la preservación y cuidado de uno de los recursos más indispensables, el agua.

Formulación Del Problema

¿En qué medida la utilización de un biofiltro con 20 y 30 gr de polvo de cáscara de plátano removerá la presencia de metales pesados en las aguas del Río Santa en el tramo Recuay - Ticapampa?

Conceptuación y Operacionalización de Variables

Variables

- Variable Independiente: Cáscara de plátano
- Variable Dependiente: Remoción de metales pesados

Operacionalización De Variables

Tabla 3. *Operacionalización de variables*

| Operacionalización De Variables | |
|--|---|
| Independiente | Dependiente |
| Cáscara de plátano | Metales pesados |
| Definición Conceptual: Para determinar la eficiencia de la cáscara de plátano se estimó los factores que intervienen en el proceso de adsorción, los factores que afectan dicho proceso son los siguientes: los grupos funcionales, tamaño de partícula, el tiempo de contacto. | Definición Conceptual: Los metales pesados son elementos propios de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos de los casos muy útiles, por ejemplo, el plomo, hierro, arsénico, etc. Sin embargo estos metales en una concentración elevada pueden afectar la salud. |
| Definición Operacional: Parte del proceso que sufre la cáscara de plátano antes de su utilización es: lavado (agua destilada), secado (al sol y en estufa por 24 horas a 80°) y por último se tritura hasta obtener un material muy fino, el cual tamizamos y guardamos en bolsas herméticas para su conservación. | Definición Operacional: La presencia de metales pesados en cuerpos de agua como: lagos, lagunas, ríos o efluentes provenientes de diversas industrias entre ellas la minera, en niveles superiores a los permitidos es perjudicial ya que puede afectar a otros recursos como el suelo y también afectar la salud del ser humano. |
| Dimensiones: <ul style="list-style-type: none">• Dosis• Tamaño de partícula | Dimensiones: <ul style="list-style-type: none">• Concentración de metales pesados• Características físico-químicas |

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación

Dosificaciones de 20 y 30 gr de polvo de cáscara de plátano:

Se comparó la concentración de metales pesados de la muestra patrón de agua (cantidad inicial) con la concentración de metales pesados luego de aplicar el tratamiento (cantidad final) mediante el biofiltro con 20 y 30 gr de polvo de cáscara de plátano. La cantidad de agua utilizada fue de 4 litros para cada dosis.

Hipótesis

El uso de un biofiltro con 20 y 30 gr de polvo de cáscara de plátano removerá los metales pesados de las aguas del Río Santa en el tramo Recuay – Ticapampa.

Objetivos

Objetivo General

- Determinar la remoción de metales pesados de las aguas del Río Santa en el tramo Recuay – Ticapampa mediante un biofiltro con 20 y 30 gr de polvo de cáscara de plátano.

Objetivos Específicos

- Caracterizar física y químicamente el agua del Río Santa (metales pesados, pH, turbidez, solidos suspendidos totales, conductividad eléctrica).
- Determinar la composición química del polvo de cáscara de plátano mediante el ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX).
- Elaborar el biofiltro con polvo cáscara de plátano para la remoción de metales pesados.
- Determinar la remoción de metales pesados y la variación de las características físico-químicas después del tratamiento mediante el biofiltro con polvo de cáscara de plátano.

Metodología

Tipo De Investigación

Aplicada

Diseño de la Investigación

Experimental, ya que se requiere descubrir nuevos conocimientos, los cuales se apoyan en ensayos de laboratorio, en esta oportunidad de opto por el laboratorio COLECBI S.A. (metales totales y parámetros físico químicos) y por el laboratorio LABICER de la Universidad Nacional de Ingeniería (composición química del polvo de cáscara de plátano y cantidad de lignina).

Población y muestra

Población

La población de nuestra investigación está conformada por toda el agua del Río Santa que pasa por el tramo Recuay – Ticapampa.

Muestra

Se realizaron los siguientes muestreos: el primer muestreo sirvió tener conocimiento de cuáles eran los niveles de concentración de metales pesados que tiene el Río Santa, el segundo muestreo fue utilizado para la remoción de metales pesados mediante el biofiltro con polvo de cáscara de plátano, de esta manera se determinó el porcentaje de remoción.

Parte experimental

Tratamiento a la cáscara de plátano

La materia prima empleada para el desarrollo de esta investigación fue la cáscara de plátano, al cual se le aplicó una serie de tratamiento como son: lavado, secado, triturado y tamizado, todos estos tratamientos fueron realizados con el propósito de obtener un material muy fino, polvo de cáscara de plátano, el cual se empleó para la remoción de metales pesados. La variedad utilizada fue *Seda*, pero de cultivo orgánico (plátano orgánico), la característica principal de los plátanos orgánicos es que durante su etapa cultivo y cosecha a estos no se les aplica ningún tipo de fertilizante, pesticida, etc., de cierta manera esto nos garantiza que obtuvimos una cáscara más limpia y libre de cualquier sustancia que afecte el desarrollo del proyecto.

Compra:

Los plátanos orgánicos fueron adquiridos en el mercado “Chacra a la Olla” ubicado en el centro de Chimbote, la cantidad obtenida fue de 75 plátanos en estado maduro, los cuales hicieron un peso total de 17,762 kg (ver figura 21). Por referencia de los propios comerciantes, nos indican que estos plátanos provienen de la zona norte de nuestro país, como son las ciudades de Piura, Sullana, Lambayeque, Paita, entre otros, son ellos los principales abastecedores y exportadores de plátano orgánico en el Perú.

Lavado:

Luego de adquiridos los plátanos se procedió a separar la cáscara del fruto obteniendo un total de 6,475 kg de pura cáscara (ver figura 22), posteriormente estas cáscaras fueron lavadas con abundante agua destilada con el fin de eliminar restos de pulpa, suciedad y cualquier impureza que pueda afectar el desarrollo de nuestro proyecto (ver figura 23).

Secado:

En esta investigación se optó por secar la cáscara de plátano de dos maneras:

Secado al sol:

En esta primera etapa las cáscaras fueron secadas al sol por un periodo de 7 días, el primer día de secado la cáscara de plátano redujo su peso considerablemente, de tener un peso inicial de 6,475 kg paso a 2,930 kg (ver figura 24). De esta manera la cáscara de plátano redujo su peso gradualmente día a día, al término de este periodo de secado se obtuvo un peso total de 625 gr de cáscara de plátano en base seca (ver figura 28). Durante estos días de secado la temperatura llego a alcanzar los 26 °C.

Secado en estufa:

Antes se someter las cáscaras de plátano al secado en la estufa, estas fueron trozadas previamente de manera manual (ver figura 27).

Para la segunda etapa de secado se empleó una estufa, esto con el fin de conseguir un secado más óptimo y eliminar restos de humedad, se colocó la cáscara de plátano en la estufa (ver figura 30) por un periodo de 24 horas a una temperatura de 80 grados (ver figura 31). El peso registrado luego del secado con la estufa fue de 532 gr (ver figura 32).

Triturado:

Para triturar la cascara de plátano ya completamente seca, se utilizó un mortero de madera, esto con el fin de no contaminar el material con algún tipo sustancia. Se trituro todo el material hasta llegar a reducirlo a partes muy pequeñas, para que luego fueran pasadas por el tamiz correspondiente (ver figura 33).

Tamizado:

Finalizado el triturado, pasamos el material obtenido por el tamiz N° 30 (abertura 0.59 mm) (ver figura 34). Las cantidades requeridas para el desarrollo de este proyecto fueron 20 y 30 gr de polvo de cáscara de plátano, este polvo fue guardado en bolsas herméticas para su conservación (ver figura 36 y 37).

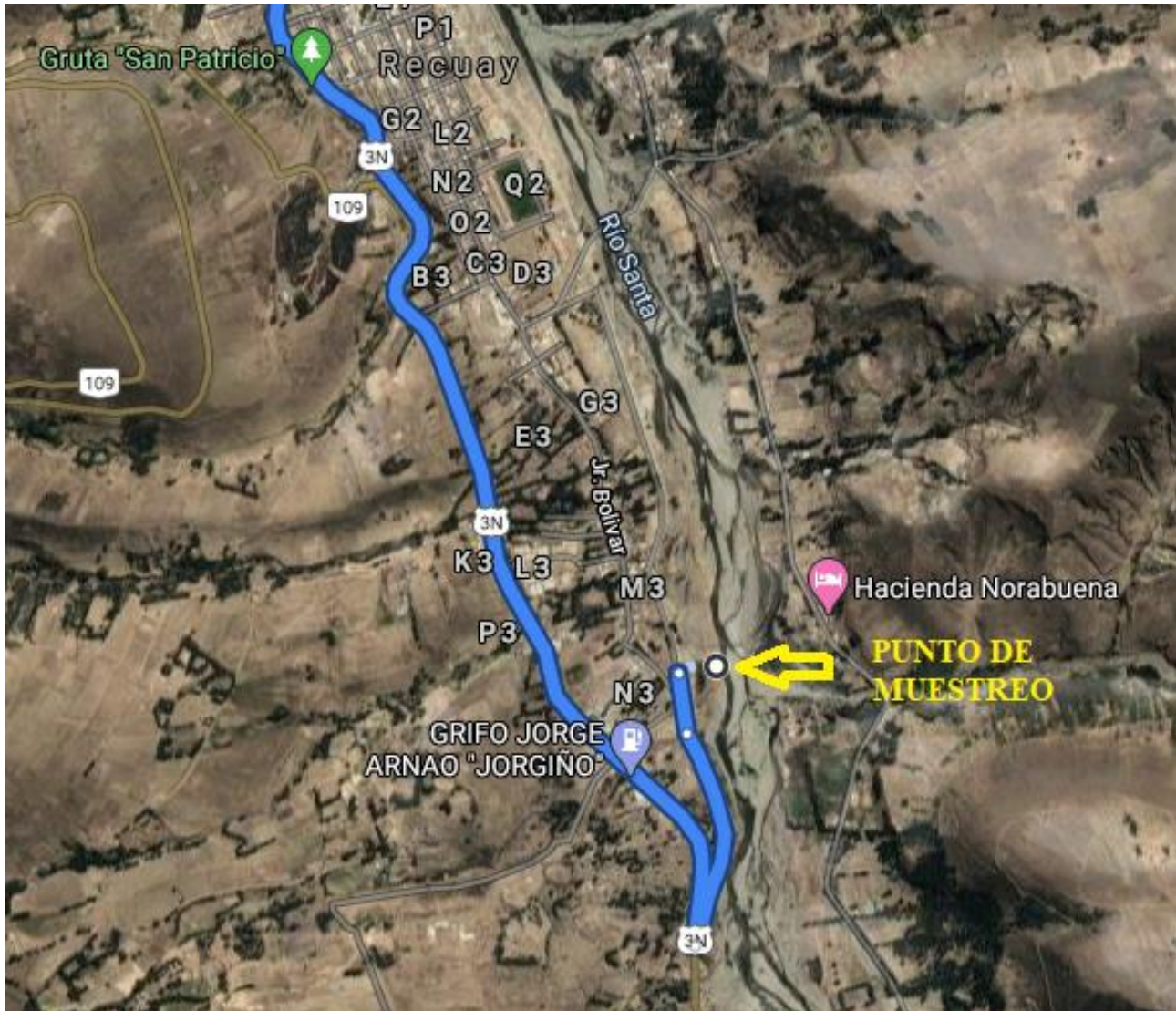
Otra parte del material triturado fue pasado por el tamiz N° 100, se pasó un total de 20 gr para determinar su composición química mediante el ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX) (ver figura 38) y 150 gr para determinar la Cantidad de Lignina (ver figura 40), estos análisis fueron realizados en el laboratorio LABICER de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI Lima); una última cantidad de 20 gr fueron utilizados para determinar su pH (ver figura 39), para este ensayo se optó por el laboratorio COLECBI S.A.

Zona De Extracción De Muestras De Agua – Río Santa

La zona de extracción de muestras de agua está comprendida entre el distrito de Recuay y el distrito de Ticapampa, exactamente a 5 minutos del distrito de Recuay (partiendo desde la plaza de armas) en dirección al distrito de Ticapampa (punto de muestreo). Se escogió esta zona como punto de muestreo debido a la gran actividad minera que desarrolla en este pasivo. En esta oportunidad nos agenciamos de un GPS de la marca GARMIN (ver figura 48) con el cual registramos los siguientes datos:

- **Zona de muestreo:** Río Santa
- **Coordenadas UTM:** N 0231341 – E 8922814
- **Elevación:** 3 421 m.s.n.m.
- **Lugar de procedencia y recolección de la muestra:** tramo Recuay - Ticapampa

PUNTO DE RECOLECCION DE MUESTRA DE AGUA



Las muestras de agua fueron tomadas del Río Santa en el tramo Recuay – Ticapampa.

Fuente: google maps

Figura 2. Punto de recolección de muestra de agua.

Procedimiento Experimental

El procedimiento experimental es el siguiente:

- Primero ensamblamos nuestro biofiltro, para ello nos ayudamos de una cinta teflón con el cual evitamos cualquier filtración; en esta oportunidad nuestro biofiltro está asentada en una estructura tipo escalonada (ver figura 41), de esta manera tenemos una mejor apreciación y un buen funcionamiento del biofiltro (ver figura 42).
- Luego de armado el biofiltro procedimos a verter en el balde de la primera sección la muestra de agua extraída del Río Santa (ver figura 49), la cantidad utilizada fue de 10 litros. En esta sección se dejó reposar el agua por espacio de media hora, de esta manera se consiguió que los sólidos suspendidos totales que presento el agua se asienten y queden retenidos en los estratos de piedras (ver figura 51).
- Luego de transcurrido el tiempo de reposo se procedió a abrir las válvulas de bola que dieron pase para que el agua continúe su recorrido hasta la segunda sección (ver figura 52). En esta sección se dio el proceso de remoción, pues en ella el agua libre de solidos entro en contacto con el polvo de la cáscara de plátano produciéndose la remoción, el tiempo estimado para la remoción fue de 1 hora. Se Utilizó 4 litros de agua para dosis.
- Finalizado este tempo de contacto y gracias a los grupos funcionales de la cáscara de plátano obtuvimos un agua libre de metales pesados los cuales mandamos a analizar al laboratorio COLECBI S.A. y así con los resultados se determinó el porcentaje de remoción (ver figura 54).

Resultados

Caracterización del agua del Río Santa

Metales totales

Los resultados que se muestran en la tabla 4 corresponden a los niveles de concentración (mg/L) que actualmente están teniendo los metales presentes en las aguas del Río Santa. De igual manera se indica cuáles son los metales que sobrepasan los Límites Permisibles establecidos por el ECA de Agua, ya que los metales al exceder estos límites se convierten en un peligro para el medio ambiente y para la salud humana. Los límites permisibles se encuentran establecidas en el diario oficial El Peruano, año 2017.

Tabla 4. Nivel de concentración de metales en las aguas del Río Santa

| Metales Pesados | Límites Permisibles (mg/L) | Muestra Patrón (mg/L) |
|----------------------|----------------------------|-----------------------|
| Plata (Ag) | 0.01 | 0.002 |
| Aluminio (Al) | 0.9 | 16.51 |
| Arsénico (As) | 0.01 | 7.767 |
| Boro (B) | 2.4 | 0.054 |
| Bario (Ba) | 0.7 | 0.047 |
| Berilio (Be) | 0.012 | <0.0002 |
| Calcio (Ca) | - | 26.95 |
| Cadmio (Cd) | 0.003 | 0.0098 |
| Cerio (Ce) | - | 0.021 |
| Cobalto (Co) | - | 0.0048 |
| Cromo (Cr) | 0.05 | 0.0039 |
| Cobre (Cu) | 2 | 0.286 |
| Hierro (Fe) | 0.3 | 99.920 |
| Mercurio (Hg) | 0.001 | <0.001 |
| Potasio (K) | - | 3.3 |
| Litio (Li) | - | 0.032 |
| Magnesio (Mg) | - | 3.31 |
| Manganeso (Mn) | 0.4 | 1.4114 |
| Molibdeno (Mo) | 0.07 | <0.002 |
| Sodio (Na) | - | 11.30 |
| Níquel (Ni) | 0.07 | 0.0053 |
| Fosforo (P) | - | 0.87 |
| Plomo (Pb) | 0.01 | 0.527 |

| | | |
|----------------------------|------|--------|
| Antimonio (Sb) | 0.02 | <0.003 |
| Selenio (Se) | 0.04 | <0.005 |
| Sílice (SiO ₂) | - | 34.54 |
| Estaño (Sn) | - | <0.003 |
| Estroncio (Sr) | - | 0.1330 |
| Titanio (Ti) | - | 0.0924 |
| Talio (Tl) | - | <0.002 |
| Vanadio (V) | 0.1 | 0.018 |
| Zinc (Zn) | 3 | 2.522 |

Fuente: COLECBI S.A.

Parámetros físico químicos

En la tabla 5 se muestra los resultados de los parámetros físico químicos de las aguas del Río Santa, estos parámetros corresponden al pH (**), conductividad (uS/cm), sólidos suspendidos totales (mg/L), turbidez (NTU). Los límites permisibles se encuentran establecidas en el diario oficial El Peruano, año 2017.

Tabla 5. *Parámetros físico químicos de las aguas del Río Santa*

| P. Físico - Químicos | Límites Permisibles | Muestra Patrón |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| S.S.T (mg/L) | 30 | 675 |
| Turbidez (NTU) | 5 | 475 |
| Conductividad (uS/cm) | 1 500 | 288 |
| pH (**) | 6.5 – 8.5 | 4.02 |

Fuente: COLECBI S.A.

Caracterización del polvo de cáscara de plátano

Fluorescencia de Rayos X

En las tablas 6 y 7 se muestran los resultados de la composición química del polvo de la cáscara de plátano, tanto en su composición química elemental y composición química expresada en óxidos, dentro de los cuales destaca la presencia de Potasio (K) el cual abarca un 76.95 %, de igual manera se observa la presencia de Cloruro (Cl), Calcio (Ca) y demás elementos químicos.

Tabla 6. *Composición química elemental*

| Elemento | Resultado % |
|-----------------|--------------------|
| Potasio (K) | 76.95 |
| Cloruro (Cl) | 12.11 |
| Calcio (Ca) | 6.53 |
| Silicio (Si) | 1.68 |
| Fosforo (P) | 1.17 |
| Hierro (Fe) | 0.82 |
| Azufre (S) | 0.74 |

Fuente: LABICER (UNI Lima)

Tabla 7. *Composición química expresado en óxidos*

| Elemento | Resultado % |
|------------------|--------------------|
| Óxido de Potasio | 95.31 |
| Óxido de Calcio | 2.09 |
| Óxido de Fosforo | 1.05 |
| Óxido de Silicio | 0.84 |
| Óxido de Hierro | 0.51 |
| Cloruro | 0.15 |
| Óxido de Azufre | 0.05 |

Fuente: LABICER (UNI Lima)

Cantidad de Lignina

En la tabla 8 se muestran los resultados de la cantidad de lignina que tiene el polvo de cáscara de plátano, a simple vista apreciamos que ocupa un gran porcentaje, lo cual es muy favorable para nuestra remoción.

Tabla 8. *Cantidad de Lignina de la cáscara de plátano*

| Muestra | % Lignina |
|-----------------------------|------------------|
| Polvo de cáscara de plátano | 41.66 % |

Fuente: LABICER (UNI Lima)

pH

En la tabla 9 se muestra el resultado del pH del polvo de cáscara de plátano, este valor lo ubicaremos en la escala de pH para determinar si este material es ácido o alcalino.

Tabla 9. *pH del polvo de cáscara de plátano*

| Muestra | pH |
|-----------------------------|-----------|
| Polvo de cáscara de plátano | 5.54 |

Fuente: COLECBI S.A.

Elaboración de Biofiltro (Prototipo)

En esta oportunidad se elaboró un biofiltro de carácter domiciliario, este dispositivo es de fácil elaboración y está hecho con materiales accesibles, en toda su estructura el biofiltro cuenta con 3 secciones claramente identificadas (ver figura 42).

Materiales usados:

Los materiales utilizados para la elaboración de este biofiltro fueron los siguientes:

- 5 baldes (1 balde de 20 L, 4 baldes de 10 L)
- 3 válvulas de bola ½’’
- 1 tubo PVC transparente ½’’
- 1 tee ½’’
- 1 cinta teflón
- 6 empaquetaduras
- 3 uniones ½’’
- tela organza
- 6 ligas
- piedra chancada de 1’’, ½’’ y grava de 5 – 7 mm

Secciones del Biofiltro

Primera Sección

En esta primera sección se encuentra un balde de 20 L, el cual tiene en su interior un estrato de 9 cm de piedra chancada de diferentes pulgadas (1’’, ½’’, grava de 5 – 7 mm) (ver figura 43), el fin de estas piedras chancadas es para la retención de los sólidos suspendidos totales que tiene el agua del Río Santa. La cantidad de agua depositada en esta sección fue de 10 litros.

Segunda Sección

La segunda sección está conformada por dos baldes de 10 L (ver figura 42), dentro de los cuales se depositó las dos dosificaciones de polvo de cáscara de plátano (20 y 30 gr), es en esta sección donde el agua entra en contacto con el polvo de cáscara de plátano produciéndose la remoción de metales pesados. La cantidad de agua utilizada para cada dosis fue de 4 litros.

Tercera Sección

Esta última sección está conformada por dos baldes de 10 L los cuales son los encargados de recibir toda el agua luego del proceso de remoción de ambas dosificaciones, es importante indicar que las entradas y salidas de los tubos de nuestro biofiltro están forrados con tela organza, esto con la finalidad de ayudar a la retención de sólidos, tanto para los sólidos suspendidos totales del agua del Río Santa, así como para la propia retención del polvo de la cáscara de plátano luego de la remoción.

Remoción mediante biofiltro

Experimental N° 1 – 20 gr de polvo de cáscara de plátano

Metales pesados

Los resultados que se muestran en la tabla 10 corresponden al experimental N° 1, para el cual se utilizó una dosificación de 20 gr de polvo de cáscara de plátano para 4 L de agua. Cabe indicar que en esta tabla se consideraron los metales pesados cuya concentración sobrepasa los Límites Permisibles establecidos por el ECA.

Tabla 10. Metales pesados Experimental N° 1

| Metales Pesados | Límites Permisibles (mg/L) | Muestra Patrón (mg/L) | Exp. 1 - 20 gr | % Remoción |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|----------------|------------|
| Arsénico (As) | 0.01 | 7.767 | 0.827 | 89 % |
| Cadmio (Cd) | 0.003 | 0.0098 | 0.0105 | - |
| Plomo (Pb) | 0.01 | 0.527 | 0.042 | 92 % |

Fuente: COLECBI S.A.

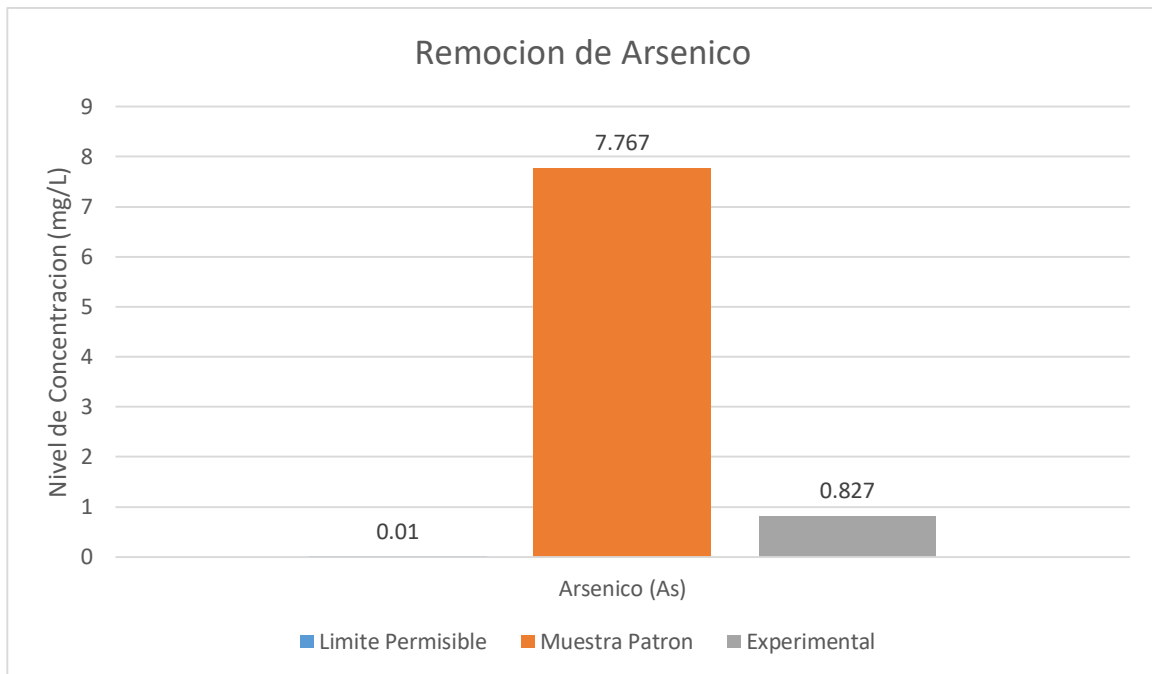


Figura 3. Remoción de Arsénico Experimental N° 1.

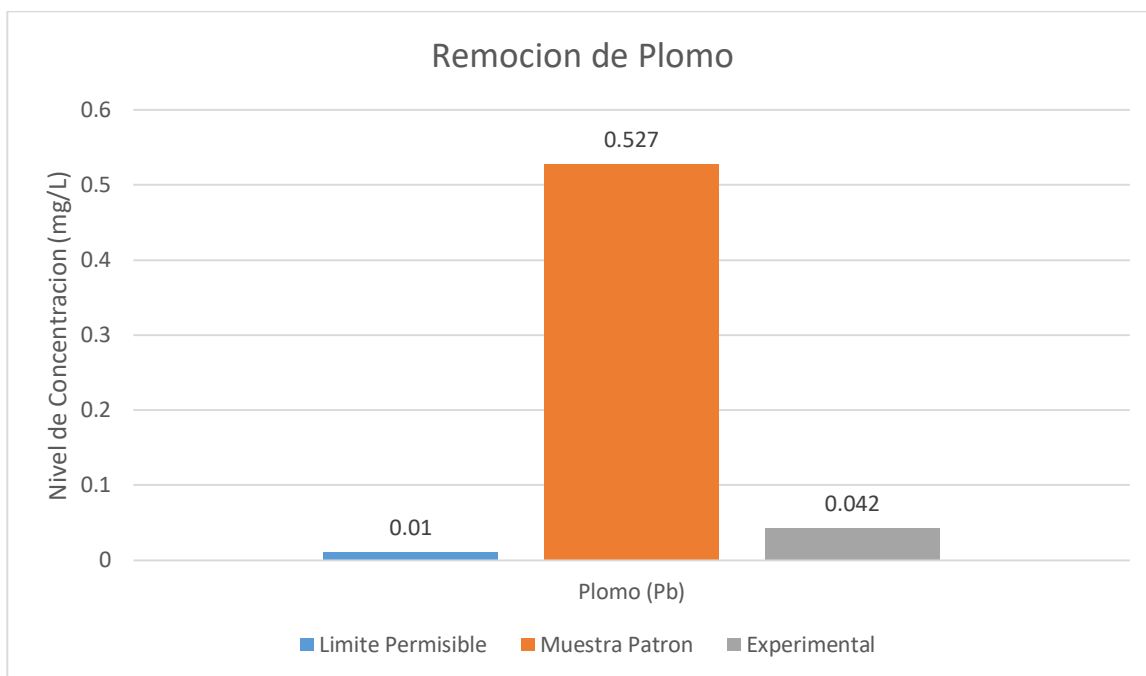


Figura 4. Remoción de Plomo Experimental N° 1.

Otros metales

Durante el desarrollo del proyecto se logró determinar que el polvo de la cáscara de plátano también presenta buena eficiencia para la remoción de otros metales que no pertenecen al grupo de los metales pesados, obteniéndose altos porcentajes de remoción que superan el 80%. Cabe indicar que en la siguiente tabla se consideraron los metales cuya concentración sobrepasa los Límites Permisibles establecidos por el ECA.

Tabla 11. *Otros metales Experimental N° 1*

| Metales Pesados | Límites Permisibles (mg/L) | Muestra Patrón (mg/L) | Exp. 1 - 20 gr | % Remoción |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|----------------|------------|
| Aluminio (Al) | 0.9 | 16.51 | 2.08 | 87 % |
| Hierro (Fe) | 0.3 | 99.920 | 11.520 | 88 % |
| Manganeso (Mn) | 0.4 | 1.4114 | 0.9348 | 34 % |

Fuente: COLECBI S.A.

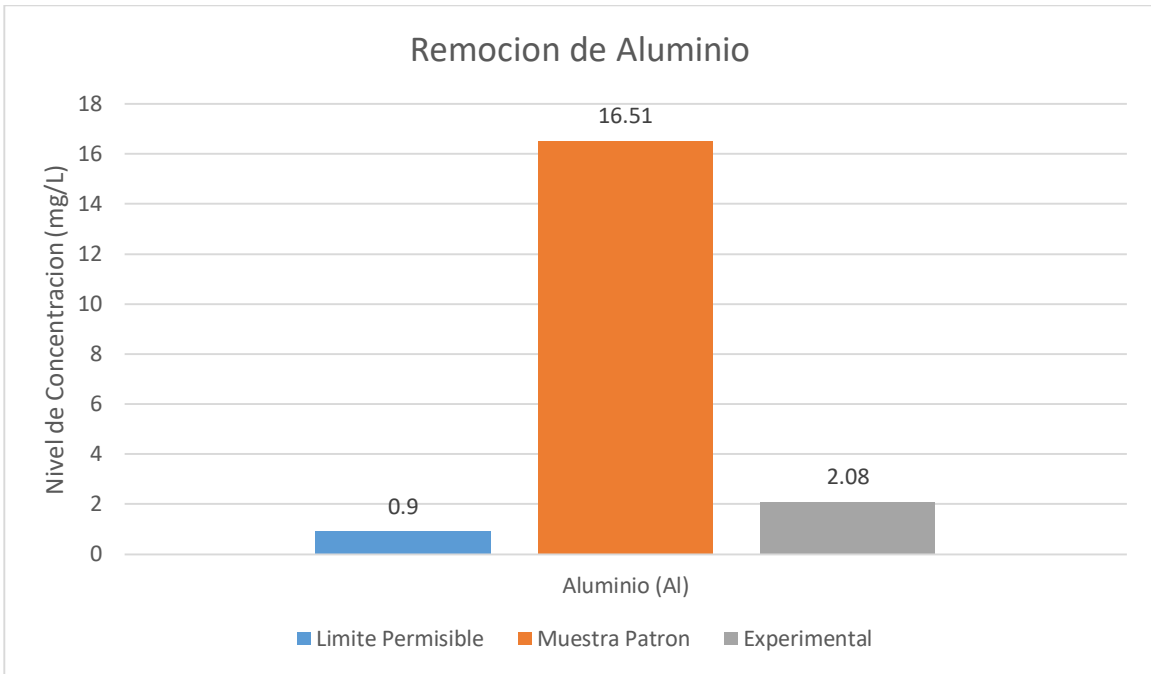


Figura 5. Remoción de Aluminio Experimental N° 1.

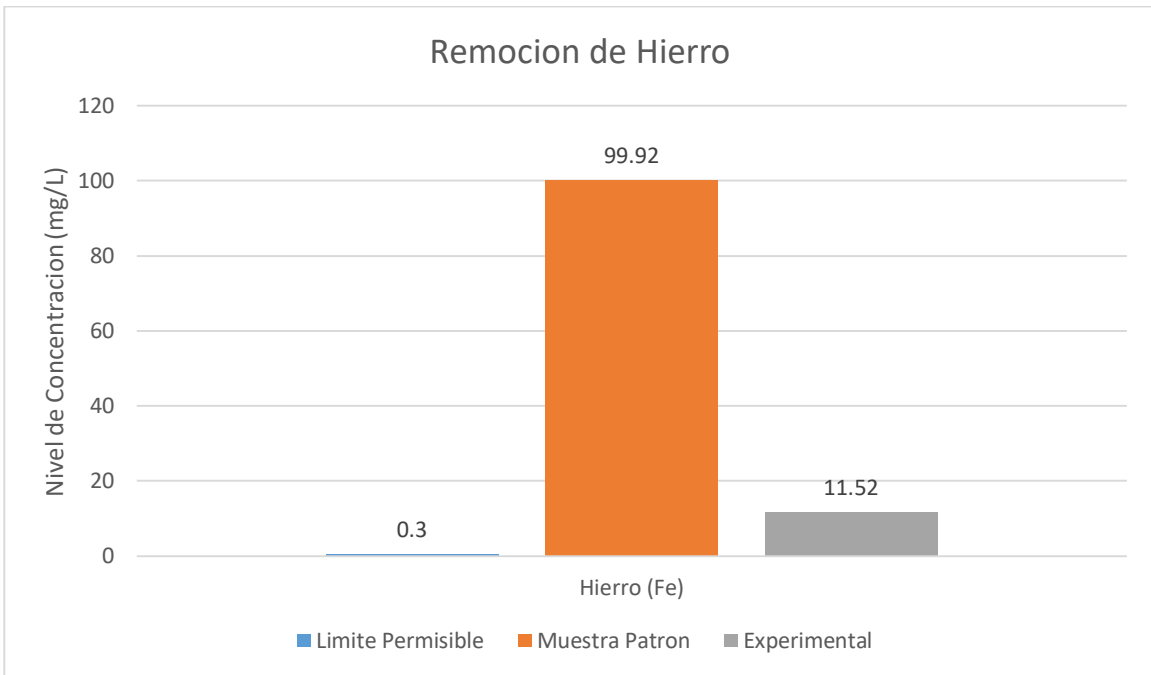


Figura 6. Remoción de Hierro Experimental N° 1.

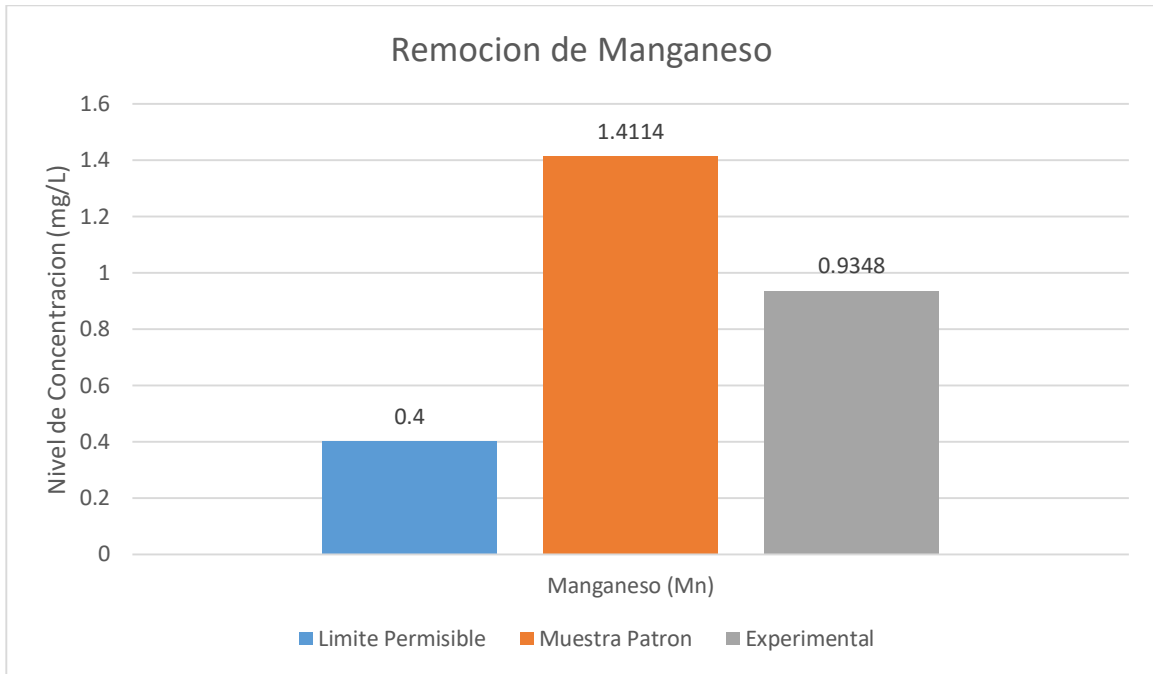


Figura 7. Remoción de Manganeso Experimental N° 1.

Parámetros físico químicos

En la tabla 12 se muestran los resultados de la variación de los parámetros físico químicos del agua del Río Santa con respecto al experimental N° 1, esto luego de aplicado el tratamiento mediante el biofiltro con polvo de cáscara de plátano.

Tabla 12. Parámetros físico químicos Experimental N° 1

| P. Físico - Químicos | Límites Permisibles | Muestra Patrón | Exp. 1 – 20 gr |
|-----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| S.S.T (mg/L) | 30 | 675 | 46 |
| Turbidez (NTU) | 5 | 475 | 35.6 |
| Conductividad (uS/cm) | 1 500 | 288 | 927 |
| pH (**) | 6.5 – 8.5 | 4.02 | 4.94 |

Fuente: COLECBI S.A.

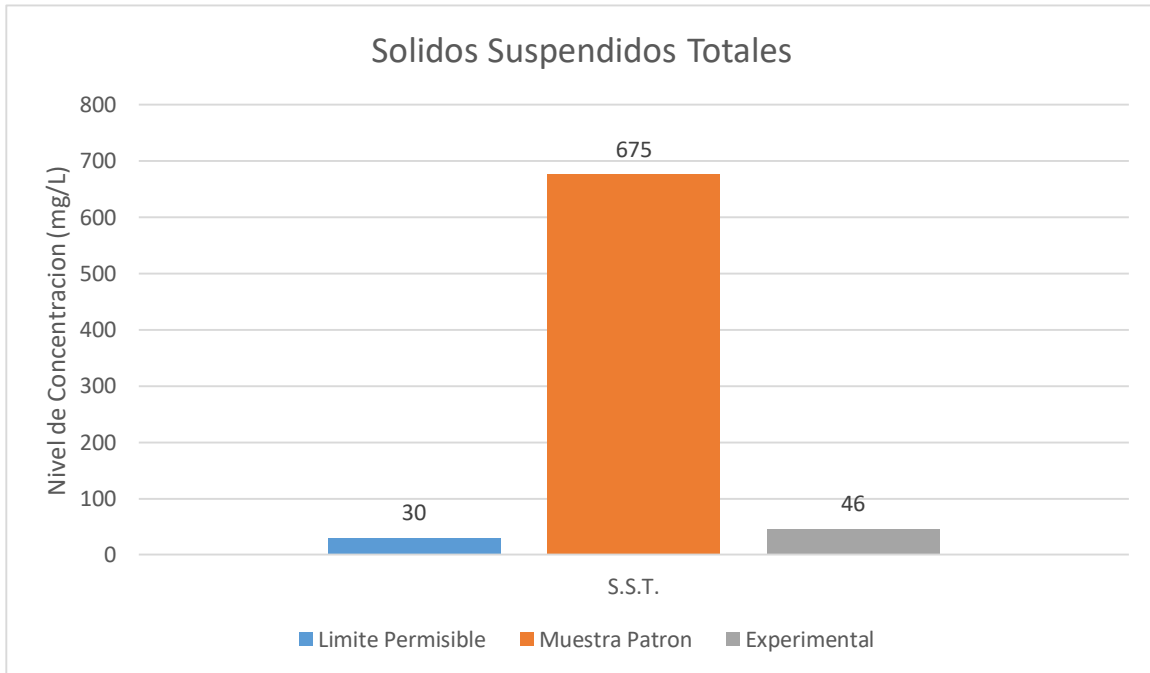


Figura 8. Sólidos Suspendidos Totales Experimental N° 1.

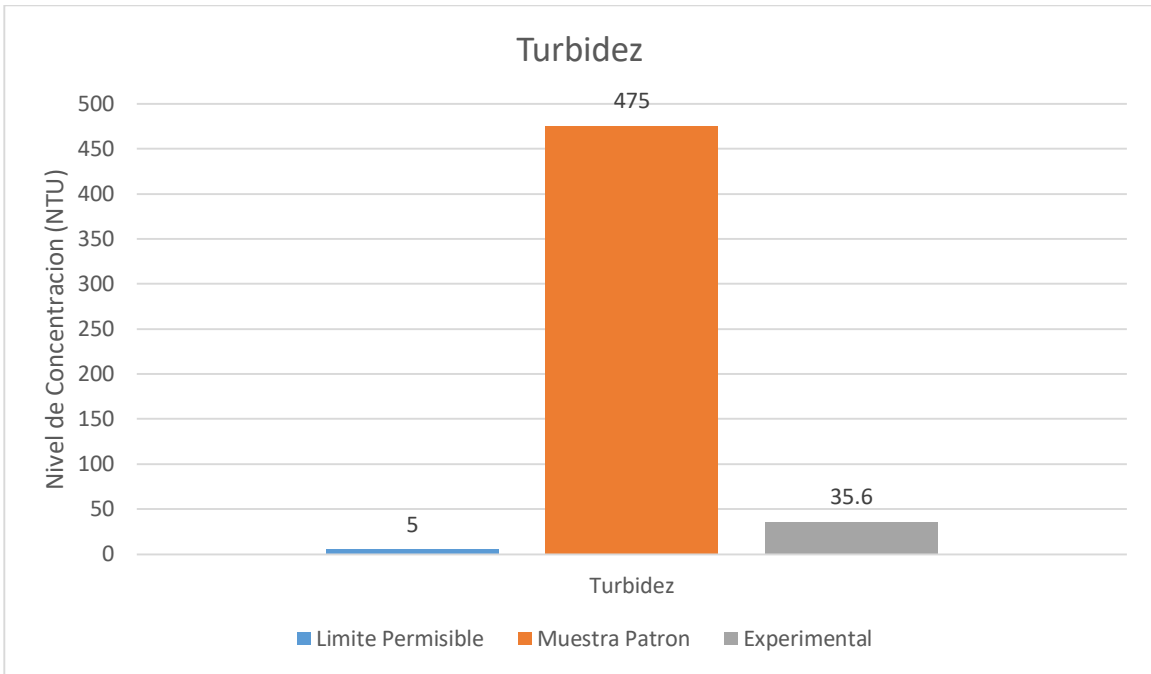


Figura 9. Turbidez Experimental N° 1.

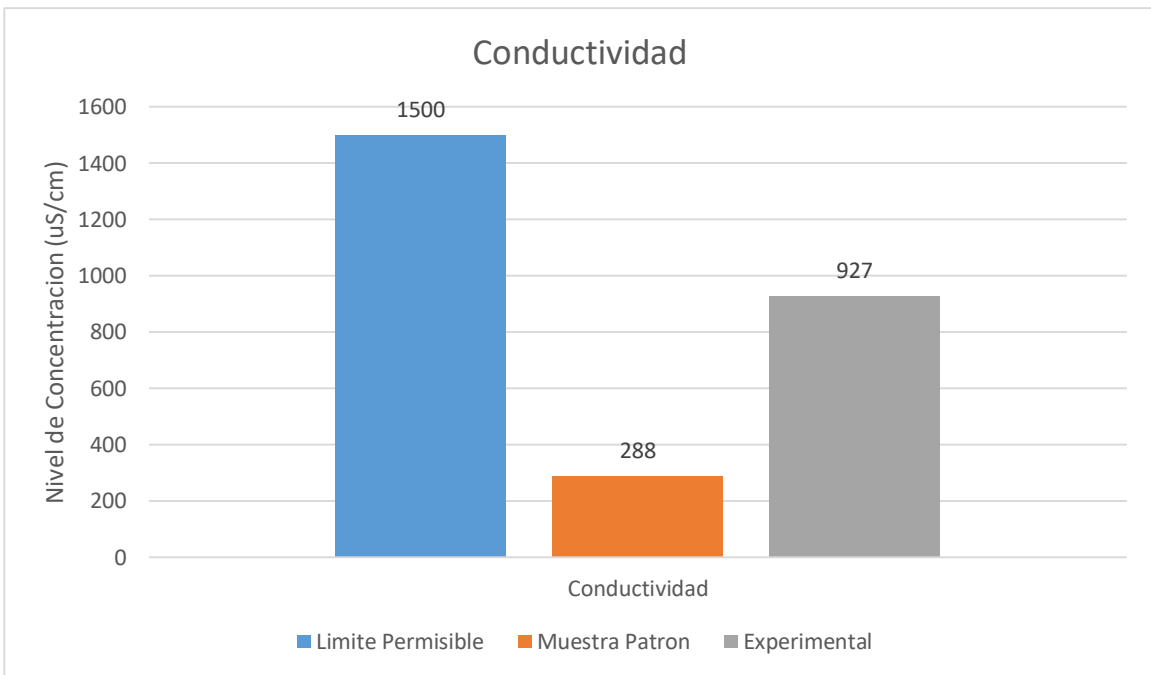


Figura 10. Conductividad Experimental N° 1.

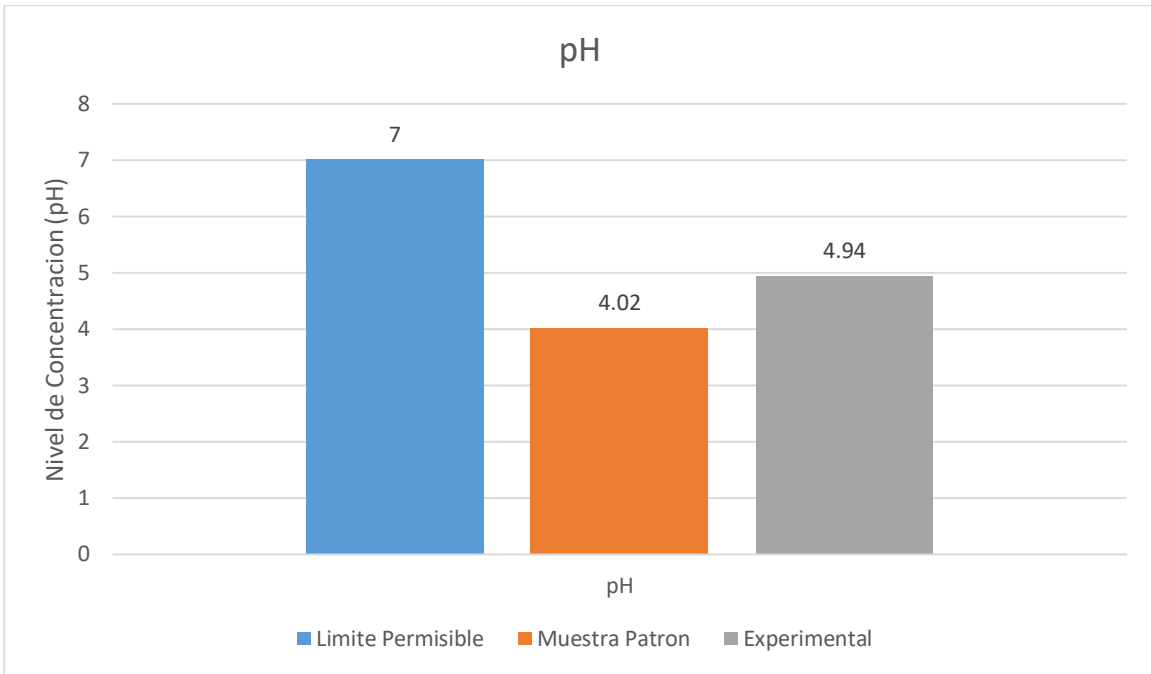


Figura 11. pH Experimental N° 1.

Experimental N° 2 – 30 gr de polvo de cáscara de plátano

Metales pesados

Los resultados que se muestran en la tabla 13 corresponden al experimental N° 2, para el cual se utilizó una dosificación de 30 gr de polvo de cáscara de plátano para 4 L de agua. Cabe indicar que en esta tabla se consideraron los metales pesados cuya concentración sobrepasa los Límites Permisibles establecidos por el ECA.

Tabla 13. Metales pesados Experimental N° 2

| Metales Pesados | Límites Permisibles (mg/L) | Muestra Patrón (mg/L) | Exp. 2 - 30 gr | % Remoción |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|----------------|------------|
| Arsénico (As) | 0.01 | 7.767 | 0.830 | 89 % |
| Cadmio (Cd) | 0.003 | 0.0098 | 0.0109 | - |
| Plomo (Pb) | 0.01 | 0.527 | 0.041 | 92 % |

Fuente: COLECBI S.A.

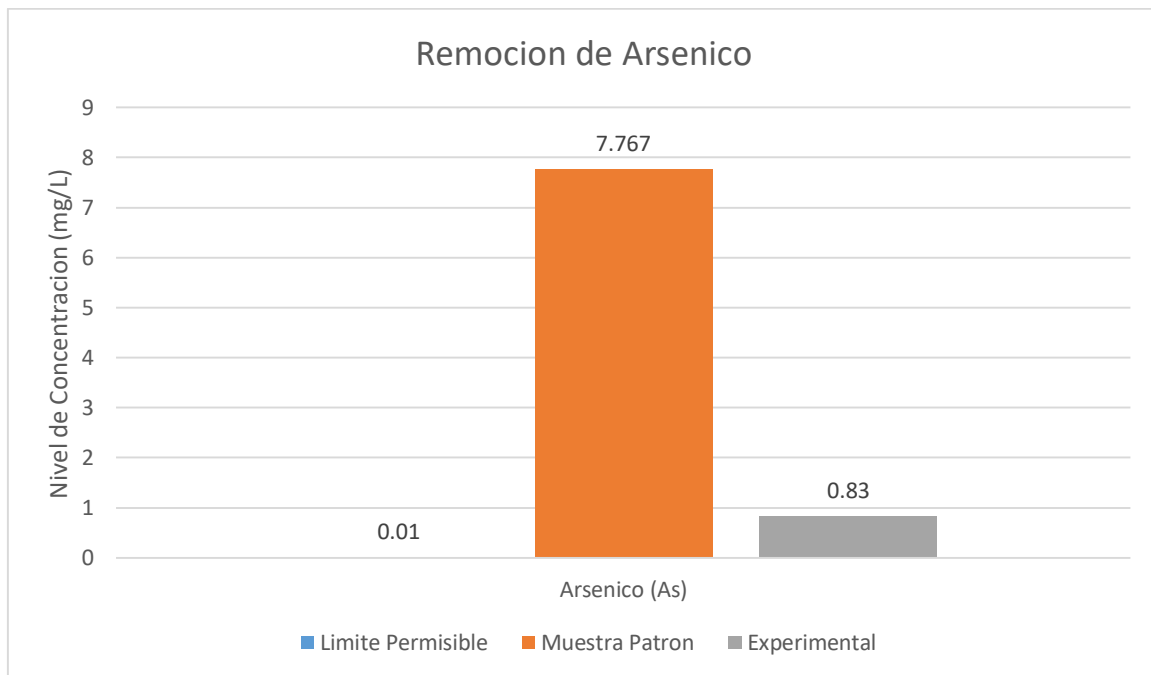


Figura 12. Remoción de Arsénico Experimental N° 2.

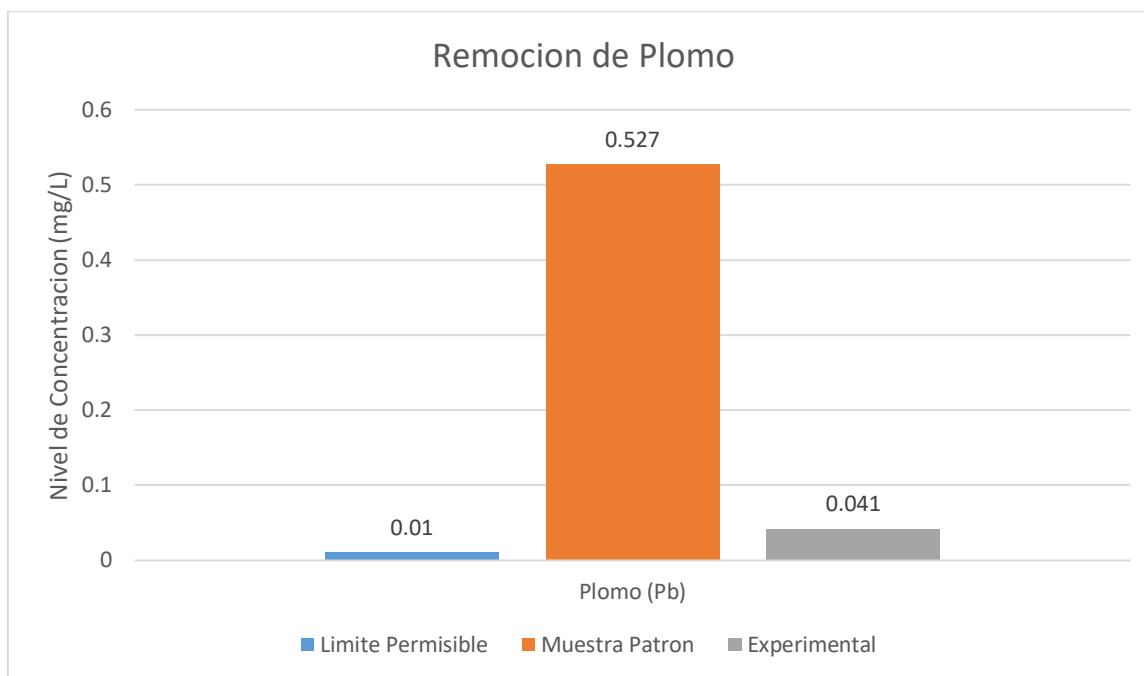


Figura 13. Remoción de Plomo Experimental N° 2.

Otros metales

Durante el desarrollo del proyecto se logró determinar que el polvo de la cáscara de plátano también presenta buena eficiencia para la remoción de otros metales que no pertenecen al grupo de los metales pesados, obteniéndose altos porcentajes de remoción que superan el 80%. Cabe indicar que en la siguiente tabla se consideraron los metales cuya concentración sobrepasa los Límites Permisibles establecidos por el ECA.

Tabla 14. *Otros metales Experimental N° 2*

| Metales Pesados | Límites Permisibles (mg/L) | Muestra Patrón (mg/L) | Exp. 2 - 30 gr | % Remoción |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|----------------|------------|
| Aluminio (Al) | 0.9 | 16.51 | 2.02 | 88 % |
| Hierro (Fe) | 0.3 | 99.920 | 11.100 | 89 % |
| Manganeso (Mn) | 0.4 | 1.4114 | 0.8957 | 37 % |

Fuente: COLECBI S.A

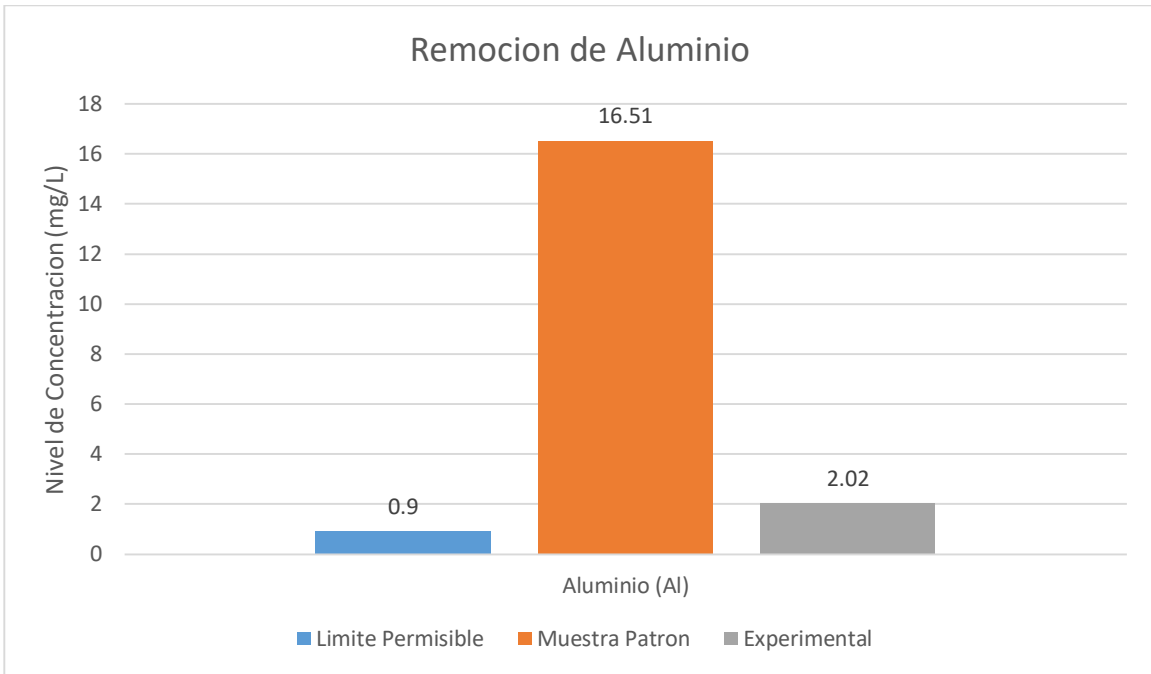


Figura 14. Remoción de Aluminio Experimental N° 2.

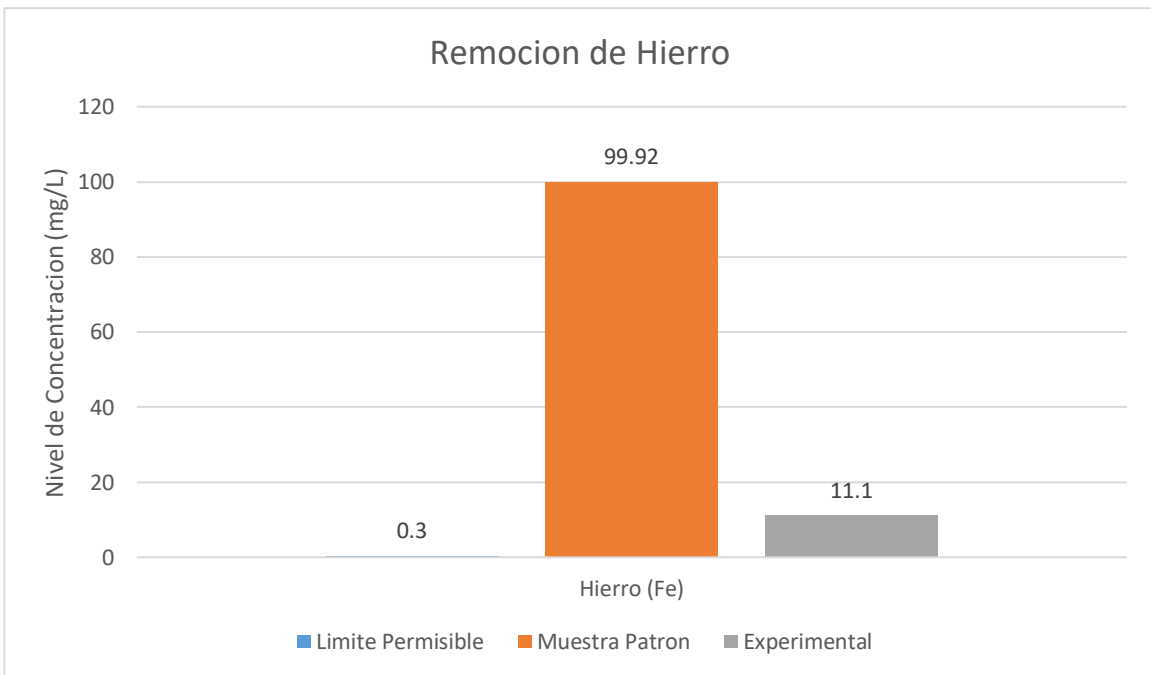


Figura 15. Remoción de Hierro Experimental N° 2.

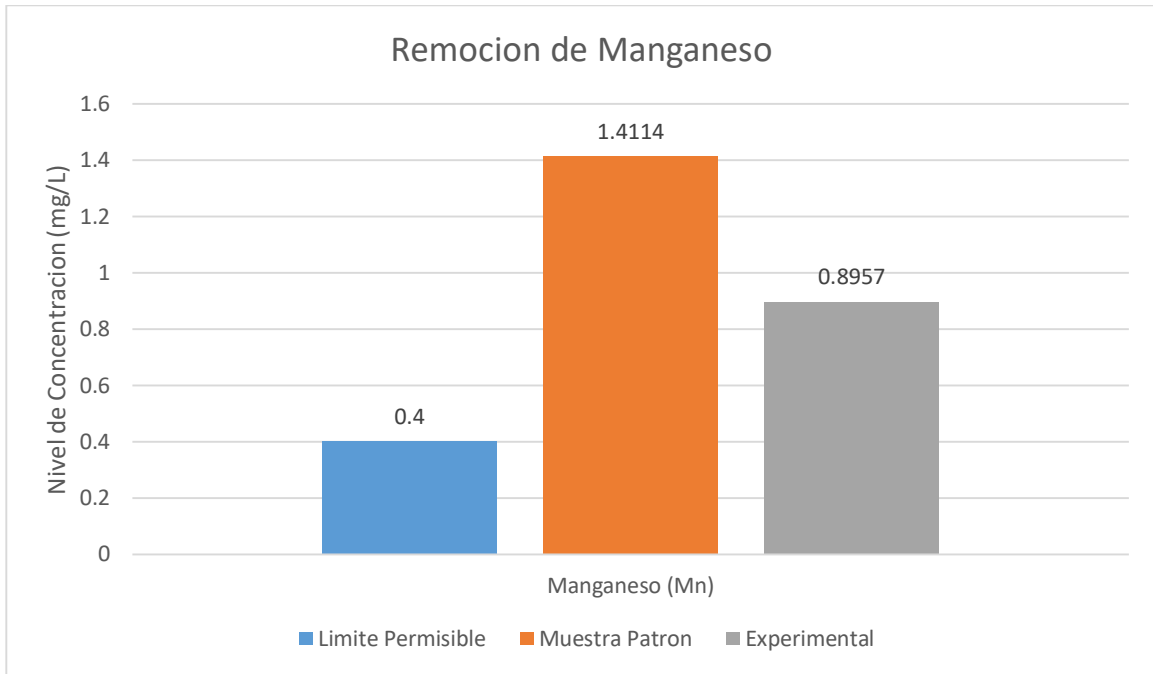


Figura 16. Remoción de Manganeso Experimental N° 2.

Parámetros físico químicos

En la tabla 15 se muestran los resultados de la variación de los parámetros físico químicos del agua del Río Santa con respecto al experimental N° 2, esto luego de aplicado el tratamiento mediante el biofiltro con polvo de cáscara de plátano.

Tabla 15. Parámetros físicos químicos Experimental N° 2

| P. Físico - Químicos | Límites Permisibles | Muestra Patrón | Exp. 2 – 30 gr |
|-----------------------|---------------------|----------------|----------------|
| S.S.T (mg/L) | 30 | 675 | 49 |
| Turbidez (NTU) | 5 | 475 | 36.6 |
| Conductividad (uS/cm) | 1 500 | 288 | 863 |
| pH (**) | 6.5 – 8.5 | 4.02 | 4.99 |

Fuente: COLECBI S.A.

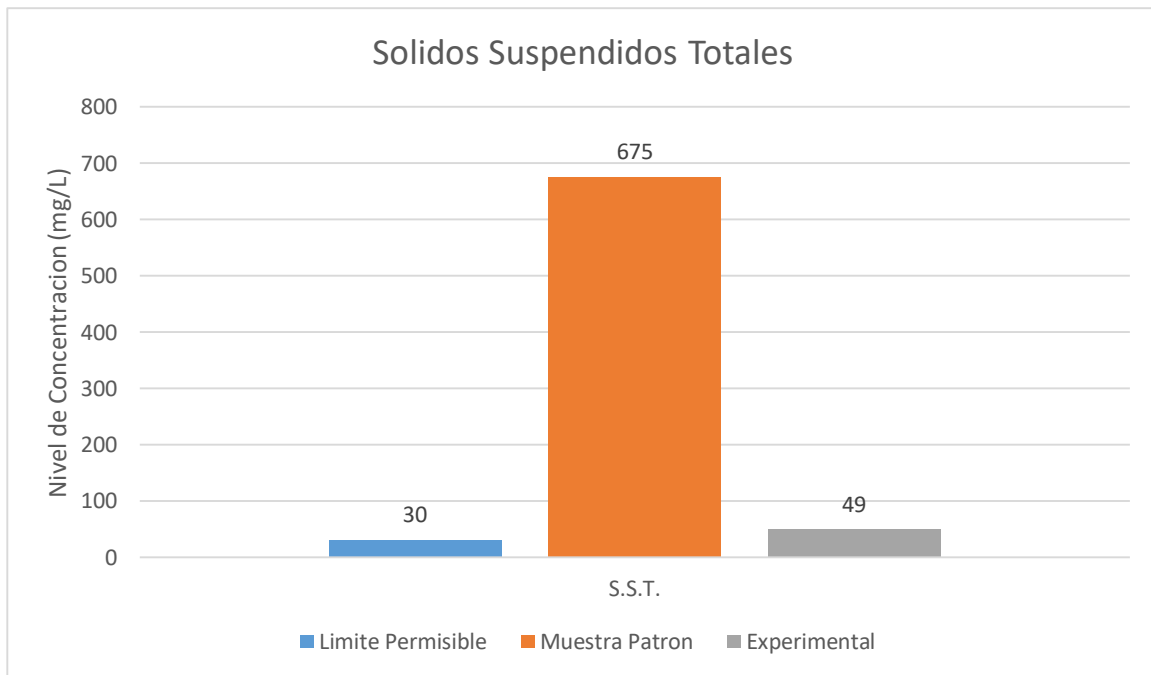


Figura 17. Solidos Suspendidos Totales Experimental N° 2.

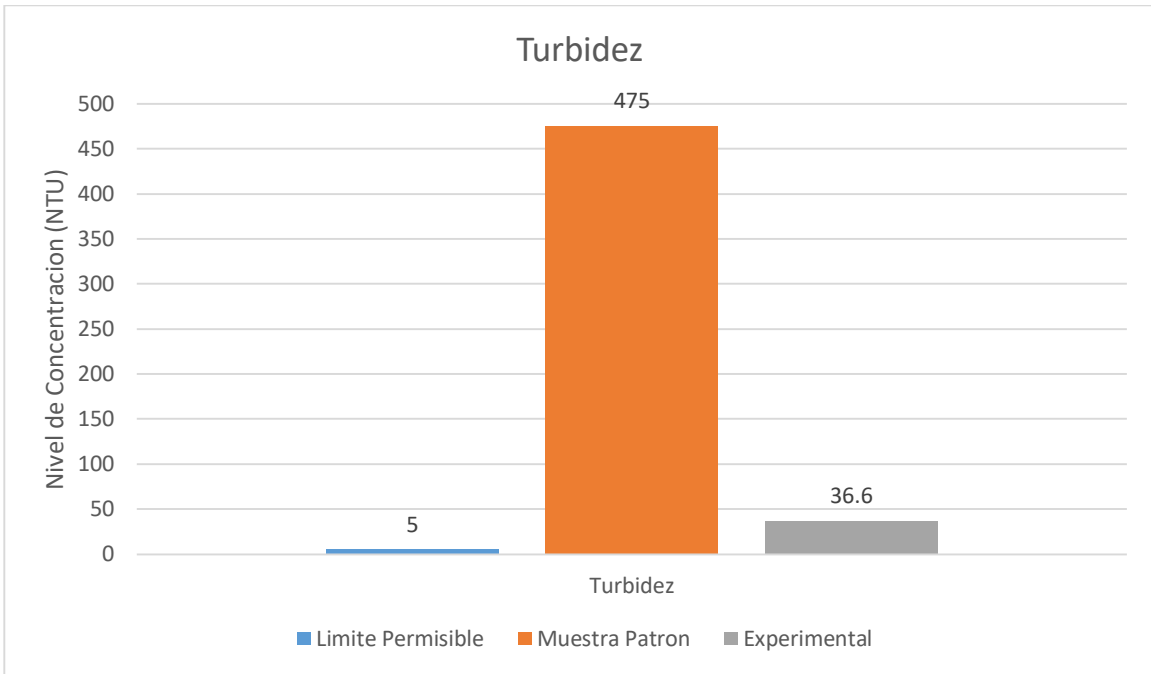


Figura 18. Turbidez Experimental N° 2.

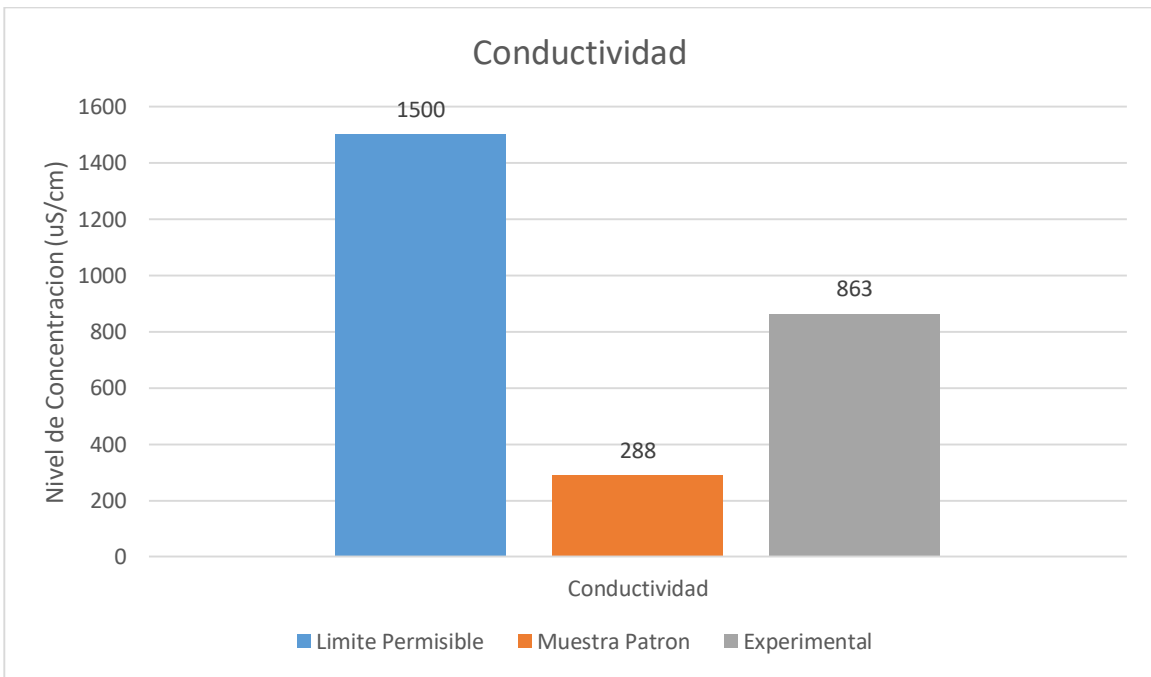


Figura 19. Conductividad Experimental N° 2.

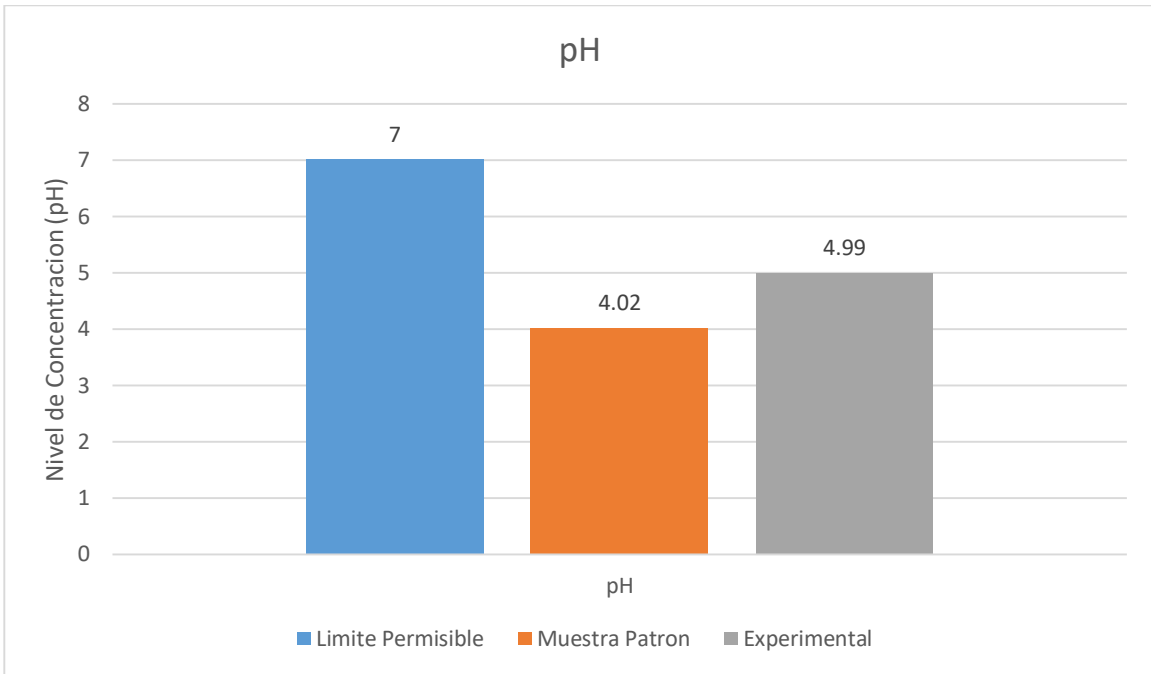


Figura 20. pH Experimental N° 2.

Análisis y discusión de resultados

- En la tabla 4 podemos apreciar el resultado de Todos los Metales (pesados y no pesados) presentes actualmente en las aguas del Río Santa, de igual manera apreciamos su nivel de concentración de cada uno de ellos; de todos los metales encontrados, son 6 los que representan un peligro para el medio ambiente y la salud humana, puesto que estos superan los Límites Permisibles establecidos por el ECA de Agua, estos metales son: Aluminio, Arsénico, Cadmio, Hierro, Manganeso y Plomo. Esta alta concentración de metales que posee el Río Santa se debe principalmente a los relaves que las mineras desembocan en el cauce del río.
- En la tabla 5 podemos apreciar los resultados de los Parámetros Físico Químicos del agua del Río Santa, apreciamos que los Sólidos Suspendidos Totales sobrepasan por 635 mg/L el límite permisible, con respecto a la Turbidez también apreciamos que sobrepasa por 470 NTU el límite permisible, caso contrario pasa con la Conductividad, este se encuentra en 288 uS/cm lo cual nos indica que está muy por debajo del límite permisible, y por ultimo de acuerdo al valor de pH obtenido 4.02, podemos decir que el agua del Río Santa es acida.
- En las tablas 6 y 7 podemos apreciar los resultados de la Composición Química del polvo de cáscara de plátano, tanto en su composición química elemental y composición química expresada en óxidos, dentro de los cuales se destaca la presencia de Potasio (K) el cual abarca el porcentaje más alto, 76.95 % en la composición química elemental y 95.31 % en la composición química expresada en óxidos, de igual manera podemos apreciar la presencia de otros elementos como son el Cloruro, Calcio, Silicio, Fosforo, Hierro y Azufre, todos ellos se encuentran en porcentajes inferiores.

- En la tabla 8 podemos apreciar los resultados de la cantidad de Lignina que posee el polvo de cáscara de plátano, notamos que abarca un 41.66 %, esto es un claro indicativo que el polvo de la cáscara de plátano cuenta con hidroxila y carboxila de pectina dentro de su composición, sustancias que han demostrado ser capaces de remover metales pesados mediante la fisorción de sus iones en soluciones acuosas. La lignina en su estructura posee sitios activos los cuales retienen los metales y ayudan a la remoción.
- En la tabla 9 podemos apreciar el resultado del pH del polvo de cáscara de plátano, el valor obtenido es de 5.54 pH, ubicando este valor en la escala del pH, llegamos a la conclusión que el polvo de cáscara de plátano es acida. A pesar de ello este en su composición cuenta con azucars.
- En la tabla 10 podemos apreciar los resultados de la Remoción de Metales Pesados con respecto al Experimental N° 1, estos metales son el arsénico y plomo, apreciamos que la concentración de estos metales es muy elevada por lo tanto representan un peligro latente. Los porcentajes de remoción fueron altos, hablamos de un 89 % de remoción de Arsénico y un 92 % de remoción de Plomo. Caso contrario sucedió con el Cadmio, a pesar que sobrepasaba el límite permisible no hubo remoción en este metal, esta no remoción puede ser debido a que los átomos y moléculas tanto del polvo de cáscara de plátano y de los metales no tienen buena interacción, por lo tanto, no se atraen. Los altos porcentajes de remoción de deben principalmente a los grupos funcionales de la cáscara de plátano, los cuales enlazan a los metales.

El resultado de la remoción de Plomo guarda relación con lo que sostiene Bismark, C. (2015) en su investigación, donde consiguió un 80 % de remoción de Plomo utilizando el polvo de cáscara de plátano, en nuestro caso nosotros logramos superar ese porcentaje, llegando a 92 % de remoción. En ambos casos se obtuvieron altos porcentajes de remoción, estando muy cerca de llegar al 100 %.

- En la tabla 11 podemos apreciar la Remoción de Otros Metales (no pertenecen al grupo de los pesados) con respecto al Experimental N° 1, Encontramos un 87 % de remoción de Aluminio, un 88 % de remoción de Hierro y un 34 % de remoción de Manganeso.
- En la tabla 12 podemos apreciar los resultados de la variación de los Parámetros Físico Químicos con respecto al Experimental N° 1, apreciamos que los Sólidos Suspendidos Totales redujeron considerablemente su concentración, de estar en 675 mg/L descendieron a 46 mg/L el cual lo coloca muy cerca del límite permisible que es 30 mg/L; caso similar pasa con la Turbidez de estar en 475 NTU descendió a 35.6 NTU colocándose también muy cerca del límite permisible que es 5 NTU; lo opuesto sucedo con la Conductividad de estar en un valor de 288 uS/cm (por debajo del límite permisible) ascendió a 927 uS/cm, esto lo convierte en un riesgo pues está cerca de sobrepasar el límite permisible que es 1 500 uS/cm; por ultimo tenemos el pH el cual ascendió de 4.02 pH a 4.94 pH, aun con ese valor de pH el agua del Río Santa sigue considerándose como acida. Con respecto a los sólidos y la turbidez, se aprecia una reducción considerable, esto debe a los estratos de piedra chancada que se colocaron en el biofiltro los cuales se encargaron de retener en tu superficie a estos contaminantes.

- En la tabla 13 podemos apreciar los resultados de la Remoción de Metales Pesados con respecto al Experimental N° 2, este experimental mantiene los mismos porcentajes de remoción que el Experimental N° 1 (ver tabla 10), Hablamos de un 89 % de remoción de Arsénico y un 92 % de remoción de Plomo. Con respecto al Cadmio, tampoco hubo remoción en este metal. Este alto porcentaje de remoción de debe principalmente a los grupos funcionales de la cáscara de plátano, los cuales enlazan a los metales.

Al igual que el Experimental N° 1, el resultado de la remoción de Plomo guarda relación con lo que sostiene Bismark, C. (2015) en su investigación, donde consiguió un 80 % de remoción de Plomo utilizando el polvo de cáscara de plátano, en nuestro caso nosotros logramos superar ese porcentaje, llegando a 92 % de remoción. En ambos casos de obtuvieron altos porcentajes de remoción, estando muy cerca de llegar al 100 %.

Bismark, C. (2015) en su investigación afirma que, a mayor concentración de polvo de cáscara de plátano, mayor porcentaje (%) de remoción de Plomo; esta afirmación difiere con los resultados obtenidos en nuestra investigación, pues en nuestro caso los porcentajes de remoción fueron los mismos para ambas dosificaciones, 92 % de remoción tanto para la dosis 1 (20 gr.) como para la dosis 2 (30 gr.)

- En la tabla 14 podemos apreciar la Remoción de Otros Metales (no pertenecen al grupo de los pesados) con respecto al Experimental N° 2, Encontramos un 88 % de remoción de Aluminio, un 89 % de remoción de Hierro y un 37 % de remoción de Manganeso.

- En la tabla 15 podemos apreciar los resultados de la variación de los Parámetros Físico Químicos con respecto al Experimental N° 2, apreciamos que los Solidos Suspendidos Totales han reducido considerablemente su concentración, de estar en 675 mg/L descendieron a 49 mg/L el cual lo coloca muy cerca del límite permisible que es 30 mg/L; caso similar pasa con la Turbidez de estar en 475 NTU descendió a 36.6 NTU colocándose también muy cerca del límite permisible que es 5 NTU; lo opuesto sucede con la Conductividad de estar en un valor de 288 uS/cm (por debajo del límite permisible) ascendió a 863 uS/cm, esto lo convierte en un riesgo pues está cerca de sobrepasar el límite permisible que es 1 500 uS/cm; por ultimo tenemos el pH el cual ascendió de 4.02 pH a 4.99 pH, aun con ese valor de pH el agua del Río Santa sigue considerándose como acida. Con respecto a los sólidos y la turbidez, se aprecia una reducción considerable, esto debe a los estratos de piedra chancada que se colocaron en el biofiltro los cuales se encargaron de retener en tu superficie a estos contaminantes.

Conclusiones

- Se demostró la eficiencia de la cáscara de plátano orgánico para la remoción de metales pesados (As, Pb), esto se debe específicamente a los grupos funcionales y componentes presentes en su pared celular, la responsable de la retención de metales es la lignina, que es rica en grupos funcionales como hidroxila y carboxila sustancias que han demostrado ser capaces de remover metales pesados mediante la fisisorción de sus iones. Del mismo modo se determinó que el rango de pH 4.94 – 4.99, resulta óptimo para la remoción de metales del agua.
- Se elaboró el biofiltro (prototipo) de carácter domiciliario para la remoción de metales pesados, de igual manera se comprobó su funcionalidad y se llegó a las siguientes conclusiones: el polvo de la cáscara de plátano muestra una gran capacidad para la remoción de metales disueltos (pesados y no pesados) en el agua, por otra parte, los estratos de piedra chancada ayudan considerablemente a la retención de sólidos suspendidos en el agua.
- Se demostró que el polvo de cáscara de plátano presenta una alta eficiencia para la remoción de metales pesados, con su uso se alcanzó un 89 % de remoción de Arsénico y un 92 % de remoción de Plomo. Esto gracias que sus grupos funcionales enlazan a los metales disueltos.
- De manera contraria a la remoción de Arsénico (89 %) y Plomo (92 %), se determina que el polvo de cáscara de plátano no presenta eficiencia para remover Cadmio (0 %), pues en esta investigación no se alcanzó ningún porcentaje de remoción para este metal pesado.

- Se demostró que el polvo de cáscara de plátano también posee una alta eficiencia para remover otros metales (metales que no pertenecen al grupo de los pesados), en el caso del experimental N° 1 removió un 87 % de aluminio, 88 % de hierro y 34 % de manganeso; en el caso del experimental N° 2 removió un 88 % de aluminio, 89 % de hierro y 37 % de manganeso.
- Se determina que el uso de diferentes dosificaciones (20 y 30 gr) no influyo a la hora de la remoción de los metales pesados, puesto que los porcentajes obtenidos al final del proceso fueron los mismos en ambas dosificaciones, sin embargo, con respecto a la remoción de otros metales (no pertenecen al grupo de los pesados) se pudo observar una pequeña variación.
- Se determina que los parámetros físico químicos como son Sólidos Suspendidos Totales y Turbidez disminuyeron considerablemente su concentración, alcanzado valores mínimos de 46 mg/L para Solidos Suspendidos Totales y 35.6 NTU para Turbidez; caso contrario pasa con la conductividad y el pH, la conductividad aumento llegando a un valor máximo de 927 uS/cm, el pH aumento ligeramente alcanzando un valor de 4.99 pH (para la remoción este valor es favorable).
- Los pigmentos naturales como los carotenos y xantofilas los cuales se encuentran presentes en las cáscaras de plátano, colorean de amarillo el agua al ser pasada por el biofiltro. Estos pigmentos son característicos de la cáscara de plátano.

Recomendaciones

- Mediante la experiencia adquirida durante el desarrollo de esta investigación, se recomienda seguir optimizando del proceso de remoción de metales hasta llegar a obtener el 100%. Para ello se puede complementar el proceso agregando arcilla o algún tipo de ceniza, ya que estos también han demostrado buena eficiencia para la remoción de metales.

- Se recomienda trabajar con la cáscara de otras variedades de plátano, llámese Palillo, Hartón, Isla, etc. Esto con el fin de comprobar si estos también presentan la misma eficiencia que la variedad Seda para la remoción de metales.

- Para futuras investigaciones se recomienda trabajar con tamaños de partícula mayores y menores a 0.59 mm, esto para comprobar si el tamaño de partícula influye considerablemente en la remoción y establecer el tamaño más óptimo.

- Para ayudar a obtener un buen porcentaje de remoción se recomienda trabajar con un pH que oscile entre 3.5 a 5, pues estando en ese rango fue que obtuvimos los altos porcentajes de remoción.

- Se recomienda utilizar un clarificador natural como el carbón activado para eliminar el color amarillo que le transfiere el polvo de cáscara de plátano al agua filtrada.

- Se recomienda realizar un estudio de % de pectinas, así también de los grupos funcionales presentes en el adsorbente para determinar con exactitud los grupos que intervienen en la adsorción.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida, por derramar su bendición sobre mí y así llenarme de su fortaleza para enfrentar todos los obstáculos desde el inicio de mi vida.

Agradecer a mis padres por todo su esfuerzo, sacrificio, por la confianza y apoyo incondicional en las diferentes etapas de mi vida, sobre todo en mi Etapa Universitaria.

Agradecimiento al Ing. Dante Salazar Sánchez por su asesoría para la ejecución del presente proyecto de investigación, de igual manera expreso mi gratitud y reconocimiento por su gran labor a todos los docentes de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes nos enseñaron tanto de la profesión como de la vida, impulsándonos siempre a seguir adelante.

Finalmente, agradecer a mis compañeros con quienes compartí muchos momentos de estudios y de satisfacciones durante nuestra formación como profesionales.

Referencias bibliográficas

- Alvarado, A., & Gómez, D. (2013). *Estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cascaras de musa Sapientum (banano) utilizadas como filtro*. San Salvador, El Salvador.
- Blasco, G., & Gómez, F. (2014). *Propiedades funcionales del plátano (musa sp)*.
- Castro, B. (2015). *Uso de la cáscara de banano (musa paradisiaca) maduro deshidratada (seca) como proceso de bioadsorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas*. Guayaquil, Ecuador.
- Caballero, V. (2012). *Evaluación del uso de la cáscara del banano (musa AAA) variedad Williams para la remoción de arsénico en el agua para consumo humano*. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Diario Oficial el Peruano (2017). *Estándares de Calidad Ambiental*.
- Dávila, T., Sánchez, N., Ordoñez, D., Muñoz, J., & Benites, R. (2017). *Evaluación de residuos como biofiltro: remoción de Cr en efluentes de curtiembres sintéticos*.
- Guzmán, A. (2016). *Evaluación de la eficiencia de la utilización de residuos orgánicos de cáscara de banano como alternativa en la descontaminación de metales pesados en el agua del cauce del Río Bogotá antes de su desembocadura en el Río Magdalena en el municipio de Girardot*. Bogotá, Colombia.
- Gonzales, A., & Guerra, J. (2016). *Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre la adsorción de plomo (Pb) y zinc (Zn) con cáscara de plátano (Musa Sapientum), en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico*. Trujillo, Perú.
- Ríos, P. (2014). *Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cáscara de banano maduro en polvo*. Machala, Ecuador.

Rodríguez, K. (2017). *Eficiencia de tres variedades de cáscara de plátano (Musa paradisiaca) para la remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas a nivel laboratorio, Sjl – 2017*. Lima, Perú.

Rocca, E. (2015). *Remoción de plomo (Pb) con la cáscara de plátano de seda Musa Paradisiaca, en aguas contaminadas, a nivel de laboratorio*. Lima, Perú.

Romero, A., Flores, S., & Pacheco, W. (2010). *Estudio de la calidad de agua de la cuenca del Río Santa*.

Anexos

Anexo 01

Panel Fotográfico



Figura 21. Iniciamos el proyecto adquiriendo los plátanos a utilizar, en este caso la variedad seda orgánico.



Figura 22. Procedemos a separar la cáscara del fruto, los cuales hicieron un peso de 6,475 kg.



Figura 23. Lavamos las cáscaras con abundante agua destilada para eliminar restos de pulpa y cualquier impureza.



Figura 24. El primer día de secado la cáscara de plátano redujo su peso de 6,475 kg a 2,930 kg.



Figura 25. Tercer día de secado de las cáscaras al sol.



Figura 26. Finalizado los 7 días de secado de las cáscaras al sol, observamos que las cáscaras redujeron su peso y tamaño considerablemente.



Figura 27. Finalizado los días de secado, se procedió a trozar las cáscaras de manera manual.



Figura 28. El peso de la cáscara antes de entrar a la estufa fue de 625 gr.



Figura 29. Colocamos la cáscara en una bandeja antes de introducirla en la estufa.



Figura 30. Colocamos la cáscara en la estufa para obtener un secado más completo.



Figura 31. La cáscara permaneció en la estufa por un tiempo de 24 horas a 80 °C.



Figura 32. El peso de la cáscara luego de terminado el secado en la estufa fue de 532 gr.



Figura 33. Luego de secado en la estufa, procedemos a triturar la cáscara con nuestro mortero.



Figura 34. La cascara triturada lo pasamos por el tamiz n° 30 (abertura 0.59 mm).



Figura 35. Observamos parte del polvo de cáscara de plátano que paso por el tamiz n° 30.



Figura 36. Pesamos 20 de polvo de cáscara de plátano para el Experimental N° 1.



Figura 37. Pesamos 30 gr de polvo de cáscara de plátano para el Experimental N° 2.



Figura 38. Pesamos 20 gr de polvo de cáscara de plátano pasado por el tamiz n° 100, esto con el fin de determinar su composición química.

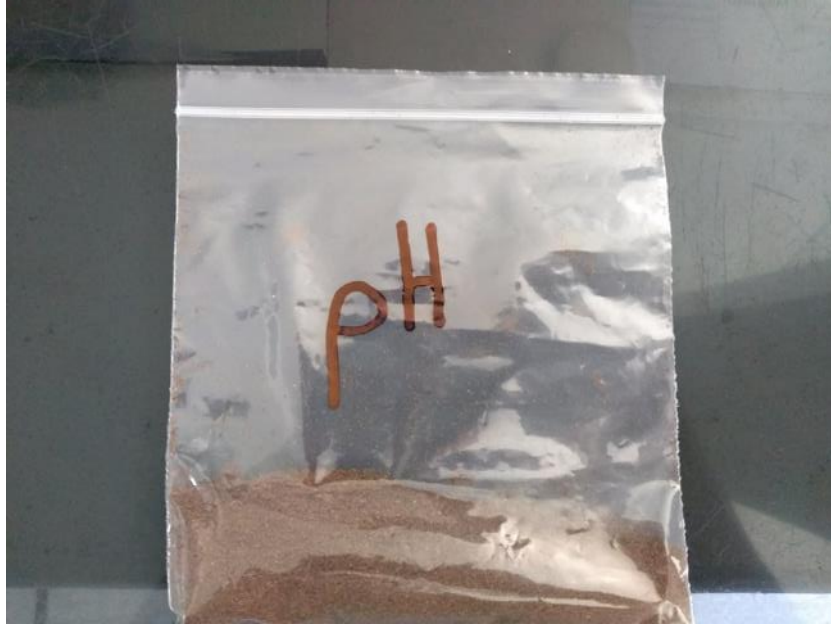


Figura 39. Pesamos 20 gr de polvo de cáscara de plátano pasado por el tamiz nº 100, esto con el fin de determinar su pH.



Figura 40. Pesamos 150 gr de polvo de cáscara de plátano pasado por el tamiz nº 100, esto con el fin de determinar su cantidad de lignina.



Figura 41. Para una mejor apreciación se confecciono una estructura tipo escalonada en la cual se armó el biofiltro.



Figura 42. Armado del biofiltro sobre la estructura escalonada.



Figura 43. Apreciamos los estratos de piedra chancada colocados para la retención de sólidos.

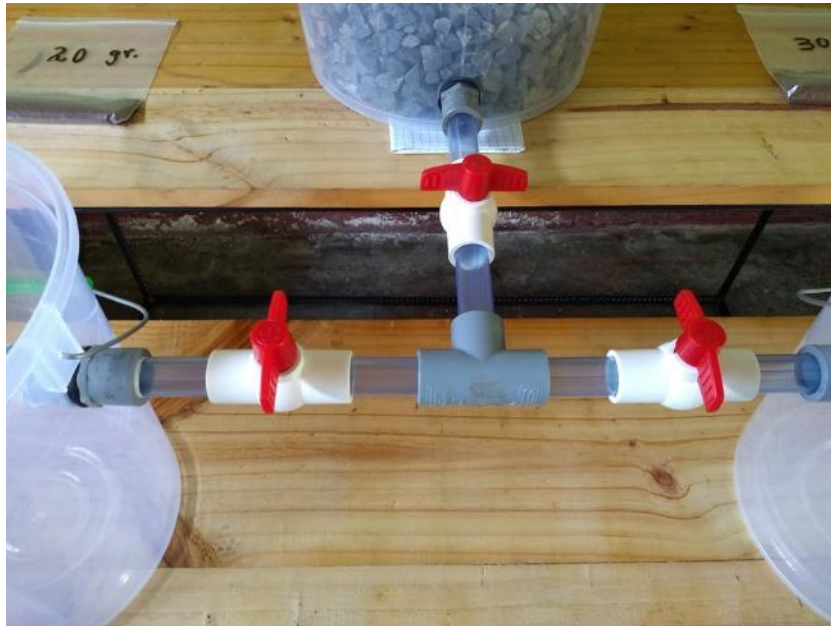


Figura 44. Apreciamos las conexiones del biofiltro.



Figura 45. Recolección de las muestras de agua del Río Santa.



Figura 46. Se recolectaron un total de 10 L de agua para ser pasados por el biofiltro.



Figura 47. Por fines de conservación las muestras de agua fueron congeladas para que no pierdan sus propiedades.



Figura 48. Con ayuda de un GPS procedimos a tomar las coordenadas de nuestro punto de muestreo.



Figura 49. Vertimos la muestra de agua en nuestro biofiltro.



Figura 50. Vertimos por completo toda la muestra de agua extraída del Río Santa.



Figura 51. Dejamos reposar por espacio de 30 minutos la muestra de agua y nos percatamos que los sólidos empiezan a descender quedando retenidas en los estratos de piedras colocados.



Figura 52. Luego del tiempo de reposo, procedemos a abrir las válvulas permitiendo que el agua continúe su recorrido hasta llegar a entrar en contacto con ambas dosis de polvo de cáscara de plátano.




Figura 53. Luego que el agua entra en contacto con ambas dosis se deja reposar por espacio de 1 hora, finalizado este tiempo procedemos a abrir los caños y recoger el agua libre de metales.




Figura 54. Las muestras luego del tratamiento mediante el biofiltro fueron llevadas al laboratorio COLECBI S.A. para su análisis y así determinar los porcentajes de remoción.

Anexo 02

Resultados de la Muestra Patrón de Agua



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



INACAL
DA Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 046

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200210-015

Pág. 1 de 2

| | |
|---|--|
| SOLICITADO POR | : ALEXANDER GOMEZ MURILLO. |
| DIRECCIÓN | : Jirón San Pedro 136 Miramar Bajo Chimbote. |
| NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE | : NO APLICA |
| PRODUCTO DECLARADO | : AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RIO). |
| LUGAR DE MUESTREO | : NO APLICA |
| MÉTODO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| PLAN DE MUESTREO | : NO APLICA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO | : NO APLICA |
| FECHA DE MUESTREO | : NO APLICA |
| CANTIDAD DE MUESTRA | : 05 muestras. |
| PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA | : En frascos de plástico con tapa. |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | : En buen estado. |
| FECHA DE RECEPCIÓN | : 2020-02-10 |
| FECHA DE INICIO DEL ENSAYO | : 2020-02-10 |
| FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO | : 2020-02-21 |
| LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS | : Laboratorio Físico Químico e Instrumental. |
| CÓDIGO COLECBI | : SS 200210-13 |

RESULTADOS

| ENSAYOS | MUESTRA |
|-----------------------|-----------|
| | RÍO SANTA |
| S.S.T. (mg/L) | 675 |
| (*) Turbidez (NTU) | 475 |
| Conductividad (uS/cm) | 288 |
| (**) pH | 4,02 |

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
 (**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF
 ENSAYOS DE METALES

| METALES TOTALES (mg/L) | L.C. (mg/L) | RÍO SANTA |
|------------------------|-------------|-----------|
| Plata (Ag) | 0,002 | 0,002 |
| Aluminio (Al) | 0,02 | 16,51 |
| Arsenico (As) | 0,005 | 7,767 |
| Boro (B) | 0,003 | 0,054 |
| Bario (Ba) | 0,003 | 0,047 |
| Berilio (Be) | 0,0002 | <0,0002 |
| Calcio (Ca) | 0,02 | 26,95 |
| Cadmio (Cd) | 0,0001 | 0,0098 |
| Cerio (Ce) | 0,009 | 0,021 |
| Cobalto (Co) | 0,0006 | 0,0048 |
| Cromo (Cr) | 0,0003 | 0,0039 |
| Cobre (Cu) | 0,002 | 0,286 |
| Hierro (Fe) | 0,002 | 99,920 |
| Mercurio (Hg) | 0,001 | <0,001 |
| Potasio (K) | 0,1 | 3,3 |
| Litio (Li) | 0,003 | 0,032 |
| Magnesio (Mg) | 0,02 | 3,31 |
| Manganeso (Mn) | 0,0003 | 1,4114 |

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

Anexo 03

Resultados Experimental N° 1



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200210-016

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : ALEXANDER GOMEZ MURILLO.
DIRECCION : Jirón San Pedro 136 Miramar Bajo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO : AGUA DE PROCESO.
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 05 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-10
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-10
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-21
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental
CÓDIGO COLECBI : SS 200210-13

RESULTADOS

| ENSAYOS | MUESTRA |
|-----------------------|-------------------|
| | EXPERIMENTAL1 20G |
| S.S.T. (mg/L) | 46 |
| (*) Turbidez (NTU) | 35,6 |
| Conductividad (uS/cm) | 927 |
| (**) pH | 4,94 |

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF ENSAYOS DE METALES

| METALES TOTALES (mg/L) | L.C. (mg/L) | EXPERIMENTAL1 20G |
|------------------------|-------------|-------------------|
| Plata (Ag) | 0,002 | <0,002 |
| Aluminio (Al) | 0,02 | 2,08 |
| Arsenico (As) | 0,005 | 0,827 |
| Boro (B) | 0,003 | 0,238 |
| Bario (Ba) | 0,003 | 0,010 |
| Berilio (Be) | 0,0002 | <0,0002 |
| Calcio (Ca) | 0,02 | 22,30 |
| Cadmio (Cd) | 0,0001 | 0,0105 |
| Cerio (Ce) | 0,009 | <0,009 |
| Cobalto (Co) | 0,0006 | 0,0023 |
| Cromo (Cr) | 0,0003 | 0,0005 |
| Cobre (Cu) | 0,002 | 0,094 |
| Hierro (Fe) | 0,002 | 11,520 |
| Mercurio (Hg) | 0,001 | <0,001 |
| Potasio (K) | 0,1 | 159,2 |
| Litio (Li) | 0,003 | 0,028 |
| Magnesio (Mg) | 0,02 | 4,80 |
| Manganeso (Mn) | 0,0003 | 0,9348 |

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

Anexo 04

Resultados Experimental N° 2



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200210-017

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : ALEXANDER GOMEZ MURILLO.
 DIRECCION : Jirón San Pedro 136 Miramar Bajo Chimbote.
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
 PRODUCTO DECLARADO : AGUA DE PROCESO.
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
 CANTIDAD DE MUESTRA : 05 muestras.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-02-10
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-02-10
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-02-21
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico e Instrumental.
 CÓDIGO COLECBI : SS 200210-13

RESULTADOS

| ENSAYOS | MUESTRA |
|-----------------------|-------------------|
| | EXPERIMENTAL2 30G |
| S.S.T. (mg/L) | 49 |
| (*) Turbidez (NTU) | 36,6 |
| Conductividad (uS/cm) | 863 |
| (**) pH | 4,99 |

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

(**) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF

ENSAYOS DE METALES

| METALES TOTALES (mg/L) | L.C. (mg/L) | EXPERIMENTAL2 30G |
|------------------------|-------------|-------------------|
| Plata (Ag) | 0,002 | <0,002 |
| Aluminio (Al) | 0,02 | 2,02 |
| Arsenico (As) | 0,005 | 0,830 |
| Boro (B) | 0,003 | 0,223 |
| Bario (Ba) | 0,003 | 0,008 |
| Berilio (Be) | 0,0002 | <0,0002 |
| Calcio (Ca) | 0,02 | 22,63 |
| Cadmio (Cd) | 0,0001 | 0,0109 |
| Cerio (Ce) | 0,009 | <0,009 |
| Cobalto (Co) | 0,0006 | 0,0021 |
| Cromo (Cr) | 0,0003 | 0,0007 |
| Cobre (Cu) | 0,002 | 0,109 |
| Hierro (Fe) | 0,002 | 11,100 |
| Mercurio (Hg) | 0,001 | <0,001 |
| Potasio (K) | 0,1 | 173,9 |
| Litio (Li) | 0,003 | 0,023 |
| Magnesio (Mg) | 0,02 | 4,70 |
| Manganeso (Mn) | 0,003 | 0,8957 |

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

Resultados Experimental N° 2



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20200210-017

Pág. 2 de 2

| METALES TOTALES (mg/L) | L.C. (mg/L) | EXPERIMENTAL 2 30G |
|----------------------------|-------------|--------------------|
| Molibdeno (Mo) | 0,002 | <0,002 |
| Sodio (Na) | 0,06 | 30,90 |
| Niquel (Ni) | 0,0006 | 0,0022 |
| Fósforo (P) | 0,01 | 6,49 |
| Plomo (Pb) | 0,002 | 0,041 |
| Antimonio (Sb) | 0,003 | <0,003 |
| Selenio (Se) | 0,005 | <0,005 |
| Silice (SiO ₂) | 0,01 | 13,09 |
| Estaño (Sn) | 0,003 | <0,003 |
| Estroncio (Sr) | 0,0003 | 0,1073 |
| Titanio (Ti) | 0,0007 | 0,0106 |
| Talio (Tl) | 0,002 | <0,002 |
| Vanadio (V) | 0,001 | 0,002 |
| Zinc (Zn) | 0,002 | 1,910 |

METODOLOGÍA EMPLEADA

S.S.T.: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C.

Turbidez: APHA, AWWA and WEF/SM 23rd Edition 2017 2130B

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.

Metales Totales: EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Derivencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 22 del 2020.
GVR/jms

A Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.F. 326
COLECBI S.A.C.

LC-MP -HRIEVO
Rev. 05
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

Anexo 05

Resultados Fluorescencia de Rayos X



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 0211 – 20 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ALEXANDER GOMEZ MURILLO
 - 1.2 DNI : 77099751
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 11 / 02 / 2020
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 17 / 02 / 2020
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 18 / 02 / 2020
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CASCARA DE PLATANO EN POLVO
 - 4.2 TESIS : REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE LAS AGUAS DEL RIO SANTA EN EL TRAMO RECUAY-TICAPAMPA MEDIANTE BIOFILTRO CON CASCARA DE PLATANO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.1 °C; Humedad relativa: 65%
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de energía Dispersiva. SHIMADZU, EDX 800HS.
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 **ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

| ELEMENTO | RESULTADO (%) | MÉTODO UTILIZADO |
|--------------|---------------|---|
| Potasio, K | 76,95 | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾ |
| Cloruro, Cl- | 12,11 | |
| Calcio, Ca | 6,53 | |
| Silicio, Si | 1,68 | |
| Fósforo, P | 1,17 | |
| Hierro, Fe | 0,82 | |
| Azufre, S | 0,74 | |

⁽¹⁾Resultados del análisis elemental por espectrometría de fluorescencia de rayos X (Barrido del sodio al uranio).

Resultados Fluorescencia de Rayos X

8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

| COMPUESTO | RESULTADO (%) | MÉTODO UTILIZADO |
|---|---------------|---|
| Óxido de potasio, K ₂ O | 95,31 | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾ |
| Óxido de calcio, CaO | 2,09 | |
| Óxido de fósforo, P ₂ O ₅ | 1,05 | |
| Óxido de silicio, SiO ₂ | 0,84 | |
| Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃ | 0,51 | |
| Cloruro, Cl ⁻ | 0,15 | |
| Óxido de azufre, SO ₃ | 0,05 | |

⁽¹⁾Balace de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Kevin Sullca
Analista
LABICER –UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Jefe de Laboratorio
Firmado por:
Ing. Sebastián Lazo Ochoa
CIP 74236

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

Resultados Fluorescencia de Rayos X

ANEXO



Figura 1. Muestra de cascara de plátano en polvo.



Figura 2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.

Anexo 06

Resultados de Cantidad de Lignina



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 0408 – 20 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ALEXANDER GOMEZ MURILLO
 - 1.2 DNI : 77099751
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE EMISIÓN : 11 / 03 / 2020
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS QUÍMICO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS : 01 MUESTRA DE POLVO DE CASCARA DE PLÁTANO
 - 4.2 TESIS : "REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE LAS AGUAS DEL RÍO SANTA EN EL TRAMO RECUAY – TICAPAMPA MEDIANTE BIOFILTRO CON CASCARA DE PLÁTANO"
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 25.0 °C; Humedad relativa: 66%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : ESTUFA ELÉCTRICA POL-EKO APARATURA. SLN 32 ECO
8. **RESULTADOS**

| ANÁLISIS | RESULTADO | MÉTODO DE REFERENCIA |
|-------------|-----------|--|
| Lignina (%) | 41.66 | Songkklanakarín J. Sci. Technol. 33 (4), 397-404, Jul.-Aug. 2011 |

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Natalia Quispe G.
Analista
LABICER - UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

Resultados de Cantidad de Lignina

ANEXO



FIGURA N°1: Fotografía de la muestra de polvo de cáscara de plátano.

Anexo 07

Resultados del pH del polvo de cáscara de plátano



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20200217-012

Pág. 1 de 1

| | |
|---|--|
| SOLICITADO POR | : ALEXANDER GOMEZ MURILLO |
| DIRECCIÓN | : Jr. San Pedro 136 Miramar Bajo Chimbote. |
| NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE | : NO APLICA |
| PRODUCTO DECLARADO | : ABAJO INDICADO |
| LUGAR DE MUESTREO | : NO APLICA |
| MÉTODO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| PLAN DE MUESTREO | : NO APLICA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO | : NO APLICA |
| FECHA DE MUESTREO | : NO APLICA |
| CANTIDAD DE MUESTRA | : 01 muestra. |
| PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA | : En bolsa de polietileno, cerrada. |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA | : En buen estado. |
| FECHA DE RECEPCIÓN | : 2020-02-17 |
| FECHA DE INICIO DEL ENSAYO | : 2020-02-17 |
| FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO | : 2020-02-17 |
| LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS | : Laboratorio Físico Químico. |
| CÓDIGO COLECBI | : SS 200217-7 |

RESULTADOS

| MUESTRAS | ENSAYO |
|-----------------------------|--------|
| | pH |
| CASCARA DE PLATANO EN POLVO | 5.54 |

METODOLOGÍA EMPLEADA
pH: Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Diferencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo Informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 18 del 2020.
GVR/jms

LC-MP-HRIE
Rev. 06
Fecha 2019-07-01



A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 326
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com