

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE CASCARILLA DE ARROZ COMO ADSORBENTE EN REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE EFLUENTES INDUSTRIALES- CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Neison Julyño Roncal Solis

Cinthia Villanueva Guevara

Asesor:

Mg. Julián Ricardo Días Ruiz

Cajamarca – Perú

2021

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de investigación a nuestros padres que son nuestro pilar fundamental, a ellos por confiar en nosotros y brindarnos una carrera profesional, por siempre estar a nuestro lado motivándonos a cada día a ser mejores personas, a nunca rendirse a superar siempre todos los obstáculos que se nos puede presentar, así mismo por enseñarnos que en la vida siempre vas a cometer errores, pero lo mejor de ello es saber superarlos y aprender de estos.

De igual forma a todos los profesores de la, Facultad de ingeniería ambiental de la Universidad Privada del Norte, que fueron los mejores protagonistas en nuestra formación profesional, inculcándonos valores, conocimientos, e ideas de proyectos sustentables y sostenibles que nosotros como futuros ingenieros ambientales en un futuro no muy lejano lo podemos ejecutar y de esa forma ayudar a diferentes comunidades de nuestra región de Cajamarca y de todo el territorio nacional.

De la misma forma a nuestro docente, Marco Alfredo Sánchez Peña por brindarnos cada clase con dedicación y empeño ya que de una de esas eminentes clases nació este proyecto de investigación, así mismo por su amistad sincera, tratarnos siempre con respeto, y no tener duda en apoyarnos, atendiendo nuestras dificultades y problemas en nuestro periodo de formación profesional.

De la misma manera a esos buenos amigos por su amistad sincera que durante nuestra formación profesional, se convirtieron en una segunda familia, poder interactuar con cada uno de ellos y aprender de sus buenos conocimientos y sus maravillosos valores.

Neison Julyño Roncal Solis

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos dado la inteligencia y las fuerzas necesarias, al mismo tiempo por permitirnos tener una buena experiencia dentro de la universidad, ya que con su amor infinito nos ha permitido seguir de pie y sonreír ante todos nuestros logros que son los resultados de su gran ayuda.

Agradecimientos totales al programa BECA 18, que ha sido el mayor sustento económico para mi formación universitaria, también a los trabajadores de PRONABEC, quienes se han preocupado y acompañado para terminar la carrera universitaria de una manera satisfactoria y lograr esa meta anhelada.

A nuestros padres, por el apoyo económico y emocional dentro de nuestra etapa profesional, así como también por ese amor y paciencia que nos brindaban a diario, gracias también por ser los principales dueños de cada meta anhelada y por confiar plenamente en cada una de nuestras expectativas.

Agradecemos a nuestros hermanos(as) tíos(as) y buenas amistades quienes de una y otra manera trataron de animarnos cuando sentíamos desvanecer, pero gracias a sus aportes, su amor y su ayuda incondicional, esta meta que al inicio se notaba complicado cada día era una verdad hecha en realidad.

Cinthia Villanueva Guevara

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad problemática	11
Antecedentes Internacionales:	14
Antecedentes Nacionales:	14
Antecedentes Locales:.....	17
Las bases teóricas utilizadas para este estudio:	18
Metales pesados	18
Contaminación de los recursos hídricos por metales pesados:	18
Metales pesados en el agua y su efecto en la salud.....	19
Metales pesados más peligrosos y tóxicos para el medio ambiente y la salud.....	19
Plomo:	19
Arsénico:	20
Cobre:.....	20
Cadmio:.....	21
Zinc:	21
Cromo:	22
Composición química de la cascarilla de arroz	22
Características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz.	22
Cascarilla de arroz como material adsorbente de metales pesados.	23
Importancia del arroz.....	23

Beneficios de la cascarilla de arroz.....	23
Carbón activado	24
Composición química y física del carbón activado.	24
Importancia del carbón activado.....	25
Técnicas de aplicación para la remoción de metales pesados	25
1.2. Formulación del problema.....	26
1.3. Objetivos.....	26
1.3.1. Objetivo general.....	26
1.3.2. Objetivos específicos.....	26
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	27
2.1. Tipo de investigación	27
2.2 Población y muestra.....	27
2.2.1. Población.....	27
2.2.2. Muestra	27
2.3. Materiales	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	29
2.4.1 Técnicas de recolección de datos.	29
2.4.2 Técnicas e instrumentos de análisis de datos.....	29
2.5. Procedimiento.....	30
2.5.1. Investigación bibliográfica	30
2.5.2. Análisis de datos.....	32
2.6. Procedimiento para la obtención del carbón activado	33
.....	34
2.7. Aspectos Éticos	35
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	36
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	68
4.1. Discusión	68

4.2. Conclusiones	72
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad de remoción de metales pesados en estudios analizados	36
Tabla 2. Remoción del plomo con la aplicación de 0.5grde carbón activado.....	38
Tabla 3. Remoción de plomo con 1gr de carbón activado.....	40
Tabla 4. Remoción del plomo con 3grde carbón activado.....	42
Tabla 5. Asimilación del carbón activado en diferentes dosis frente a la remoción del Plomo	44
Tabla 6. Remoción del Cadmio con 0.5gr de carbón activado de la cascarilla de arroz	46
Tabla 7. Remoción del Cadmio con 1gr de carbón activado	48
Tabla 8. Remoción del Cadmio con 3gr de carbón activado	50
Tabla 9. Asimilación del carbón activado en diferentes dosis frente a la remoción del Cadmio y su comparación con el ECA de categoría 3	52
Tabla 10. Concentración inicial y final de los metales de As y Cu y el porcentaje de remoción	54
Tabla 11. Remoción del Hierro con la aplicación de 2gr de carbón activado	55
Tabla 12. Remoción del Cobre con la aplicación de 1gr 1.5gr y 2gr de carbón activado	57
Tabla 13. Remoción del Plomo con la aplicación de 1gr 1.5gr y 2gr de carbón activado.....	58
Tabla 14. Remoción del Zinc con la aplicación de 1gr 1.5gr y 2gr de carbón activado.....	60
Tabla 15. Comparación de las concentraciones iniciales de metales pesados y después del tratamiento	62
Tabla 16. Porcentaje de remoción del cromo VI con la aplicación de la cascarilla de arroz..	64
Tabla 17. Características presentes en la cascarilla de arroz	66
Tabla 18. Composición de la cascarilla de arroz	67
Tabla 19. Matriz de consistencia.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imágenes de MEB de la cascarilla de arroz original a diferentes aumentos	25
Figura 2 Diagrama de flujo de investigación bibliográfica	31
Figura 3 Flujograma del análisis de datos en los estudios más relevantes	32
Figura 4 Procedimiento para la obtención del carbón activado de la cascarilla de arroz y los procesos en la remoción de metales pesados	34
Figura 5 Estudios analizados y su capacidad de remoción de metales pesados	37
Figura 6 Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Pb con una dosis de 0.5grde carbón activado	39
Figura 7 Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Pb con 1gr de dosis de carbón activado	41
Figura 8 Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Pb con 3grdosis de carbón activado	43
Figura 9 Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Pb con diferentes dosis de carbón activado	45
Figura 10 Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Cadmio aplicando 0.5grde carbón activado	47
Figura 11 Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Cadmio con dosis de 1gr de carbón activado	49
Figura 12 Tiempo de contacto con respecto a la remoción de Cadmio con dosis de 3gr.....	51
Figura 13 Capacidad de remoción del Cadmio aplicando la cascarilla de arroz en diferentes dosis	53
Figura 14 Remoción del Cobre y el Arsénico.....	54
Figura 15 Remoción del hierro respecto al tiempo de contacto	56

Figura 16	Resultados de remoción del cobre y su actuación con el pH	57
Figura 17	Resultados de remoción del plomo y su actuación con el pH	59
Figura 18	Resultados de la remoción del Zn y su actuación frente al pH	61
Figura 19	Concentraciones iniciales y después del tratamiento	63
Figura 20	Remoción del cromo frente a la aplicación de la cascarilla de arroz	65
Figura 21	Características químicas presentes en la cascarilla de arroz	66
Figura 22	Composición de la cascarilla de arroz	67

RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo comprobar la eficiencia del carbón activado de la cascarilla de arroz como medio adsorbente para la remoción de metales pesados de efluentes industriales, como el plomo, cadmio, arsénico, cobre, hierro, zinc, y cromo, ya que estos tienen impactos negativos en la población. La investigación tuvo un enfoque no experimental transversal, donde se realizó una revisión documental, llegando a seleccionar 5 investigaciones para el objeto de estudio, que comprenden 4 tesis y un artículo de investigación referente a las propiedades físicas y químicas de la cascarilla de arroz; elaborando fichas de registro de datos, donde se reunió información necesaria de dichas investigaciones, en donde estas fueron analizadas mediante tablas y gráficos; en los resultados demuestran que existen porcentajes de variación de remoción en los diferentes metales pesados, tal es el caso de Junín que emplearon este método con diferentes dosis de carbón activado de la cascarilla de arroz, donde la mayor capacidad de remoción fue en el plomo en un 96.04% y para cadmio 95.89%, así mismo en otros estudios para diferentes metales, concluyendo que este método es eficiente y sostenible para afrontar diversos problemas ambientales de metales pesados presentes en el agua.

Palabras clave: Carbón activado, metales pesados, cascarilla de arroz y adsorción

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación ambiental es un problema global, donde los metales pesados son los más influyentes en la degradación de los recursos naturales, específicamente en el agua, entre estos se encuentran el arsénico, cadmio, mercurio, cromo y plomo; estos vienen a ser “relevantes en los sistemas acuáticos debido a su toxicidad y acumulación en los organismos, asimismo en la biomagnificación a través de la cadena trófica” (Tomaila y Iannacone , 2018, p. 95). Hoy en día la problemática de alteración de los recursos se posiciona como uno de los problemas más selectos que afectan a la sociedad en los últimos años, por ejemplo; la pérdida de la calidad del aire, de los cuerpos hídricos y suelos disponibles por actividades antropogénicas se ha incrementado exponencialmente, (Reyes et al., 2016, p.46).

Tal es el caso del país de México donde existe una generación de contaminación por metales pesados, provocado principalmente por actividades como la minería, la metalúrgica, la agricultura, los vehículos automotores y el aporte natural en ciertos acuíferos. En este país, según un estudio por Covarrubias y Peña (2017), existen reportes de la presencia de metales pesados en ríos, lagos, cultivos, suelos y aire de zonas urbanas, así como en ambientes costeros y marinos, donde se ha detectado la acumulación de metales tóxicos en tejidos de peces y moluscos de consumo humano. (p.7)

En el Perú, distintas comunidades de diferentes regiones realizan marchas y paros para transmitir su preocupación al estado peruano sobre la falta de atención y seguimiento médico a las personas afectadas por metales pesados en su sangre. En un artículo periodístico realizado por Cordova (2018), señala que el 16 de diciembre de 2018, una fuga de agua con relave (desechos tóxicos de procesos mineros) llegó al río Tingo Maygasbamba; Según señaló el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), esta provenía de la empresa

Gold Fields, dicha institución encontró presencia de cobre, cromo y otros metales en distintos lugares muestreados y analizados.

Así mismo la problemática de metales pesados no solo afecta a los cultivos, recursos hídricos, y ecosistemas del medio ambiente; también, tiene grandes afectos en la salud de las personas, esto se pudo evidenciar en el distrito del Callao provincia de la capital peruana, a niños con niveles de metales pesados en la sangre, donde obtienen resultados que existe una alta proporción de niños con plomo sanguíneo elevado, con factores asociados dentro y fuera del hogar, estos resultados obtenidos en su gran mayoría están vinculados a las políticas públicas saludables y a la contaminación que se genera diariamente en ese lugar (Morales et al., 2018, p.8).

De la misma manera este problema de contaminación por metales pesados se ha visto evidenciado en Cerro de Pasco por influencia de la actividad minera metalúrgica de la Oroya en un estudio realizado por Service (2017), señala que 24 niños que fueron muestreados presentan niveles de arsénico, plomo, cadmio y mercurio por encima de los estándares permitidos, esto generalmente debido a la exposición a relaves y emisiones de la minería y metalurgia en esas localidades. Este estudio fue realizado en el Instituto de Salud Pública de Quebec y se llevó a cabo en el año 2016, a solicitud de la Red de Propuesta y Acción Muqui, que congrega a 29 instituciones de comunidades asentadas en zonas mineras del país. Los análisis realizados de cabello, sangre y orina a los menores, de entre 3 y 15 años de edad, arrojaron que en su totalidad presentaron de forma predominante niveles elevados de arsénico el cual está asociado a la generación de cáncer. Asimismo, 15 de los niños de Cerro de Pasco, considerada la capital minera del Perú, y 3 menores de La Oroya excedieron el estándar del ministerio de Salud para plomo en la sangre (p.27).

Afan y Flores (2017), hacen referencia que en Cajamarca las actividades extractivas pasadas de minerales específicamente en la provincia de Hualgayoc, hay más de 1250 pasivos

ambientales mineros. Por otro lado, Sánchez et al.(2015), mencionan que con agua y suelo contaminados en muchos lugares, se genera temor en la población, ya que el espacio físico que posibilita su desarrollo les puede ocasionar problemas de salud e impedir que sigan desarrollando sus actividades agropecuarias. En estudios realizados se han detectado altos niveles de metales pesados, en peces, de igual manera en la leche de vaca, ya que la región cajamarquina, también es una zona ganadera. (p.50).

De la misma forma, granos y hortalizas, incluidas la papa, cebolla, remolacha, calabaza, rábano, col y frijoles. Esto mayormente depende de las condiciones del tipo de suelo, el agua, la actividad geoquímica, el uso de pesticidas arsenicales y técnicas de procesamiento, de las actividades antropogénicas (Medina et al ., 2018, p. 95).

Por lo expuesto anteriormente esta tesis está orientada a demostrar la eficiencia del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz, como medio adsorbente ante la presencia de diferentes metales pesados de efluentes de agua provenientes de procesos industriales. Aplicando este método se buscará comprobar si es viable y eficiente este procedimiento para la adsorción de metales pesados en aguas contaminadas, para ello se estudió y se realizó un análisis minucioso de artículos científicos y proyectos de tesis de diferentes países, considerando los 10 últimos años; a continuación se presentará antecedentes internacionales, nacionales, y locales de los beneficios que se puede lograr aplicando mencionada metodología para la adsorción de metales pesados presentes en el agua.

Rodriguez y Salinaz (2012), en su artículo científico publicado con el título de “Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres”, para lo cual el objetivo en este estudio fue evaluar la viabilidad de las aplicaciones de la cascarilla de arroz y su producto calcinado activado para la eliminación de cromo a partir de un efluente de la industria de curtiembres. “Finalizando y obteniendo resultados que la cascarilla de arroz activada con H_3PO_4 presenta una capacidad de adsorción

baja y, aunque puede remover cromo del efluente de curtiembres, esta no es muy eficiente. Por otra parte, la cascarilla de arroz activada con NaOH puede remover hasta el 72,8% de cromo” (p.150).

Antecedentes Internacionales:

Doria et al.(2016), en su estudio realizado en la ciudad de Medellín Colombia referente a un artículo cuyo título es, “Estudio preliminar de la cascarilla de arroz modificada y su efecto en la adsorción de Cr (VI) en solución” basándose en estudios que la cascarilla de arroz brinda resultados eficientes y propicios para la remoción de mencionado metal , obteniendo resultados donde se evidencia que “a menor dosis de contaminante utilizada (0.7ppm) los porcentajes de remoción alcanzaron un 90% tanto en la cascarilla modificada como en la nativa. Finalmente llegando a la conclusión que mediante este estudio se llegó a demostrar la modificación estructural de la cascarilla de arroz con el reactivo de Fenton y al incrementar la dosis de Cr (VI) se reduce el porcentaje de remoción, encontrando que la concentración de este es una variable significativa en la remoción del metal en solución, contrario a ello, la dosificación del adsorbente en el rango utilizado, no es una variable significativa en el modelo obtenido” (p.104).

Antecedentes Nacionales:

Manrique (2013), en la ciudad de Arequipa Perú, en su artículo de investigación, tuvo como objetivo “realizar la optimización simple y dual del proceso productivo del carbón activado de la cascarilla de arroz, con los agentes de activación química como es el hidróxido de potasio y ácido fosfórico; y comprobar su capacidad para adsorber metales contaminantes como el cromo (VI)”. Como resultado se obtuvo que la adsorción de este metal frente a la aplicación del carbón activado de cascarilla de arroz preparado en el estudio experimental realizado, siguió una cinética de pseudo-segundo orden y un ajuste al modelo de la isoterma de Langmuir, siendo la capacidad de adsorción de 52.57 mg/gry 78.85 mg/grpara el carbón activado preparado con hidróxido de potasio y ácido fosfórico respectivamente (p.157)

Choquejahuá (2018), en Puno Juliaca, en su tesis realizada tuvo como objetivo evaluar la remoción de arsénico y cromo en medio acuoso a través de la bioadsorción con biomásas de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) bajo condiciones altoandinas - Puno, 2018”, Para ello han preparado la solución acuosa a una concentración de 1mg/L de arsénico y 1mg/L de cromo, así mismo han obtenido las respectivas biomásas siguiendo todos los procesos, las biomásas han sido activadas con HCl a 0.1 N a una temperatura de 70°C por 24 horas, por otro lado, se ha realizado el respectivo tratamiento por el proceso de bioadsorción en pruebas de jarra. Donde los resultados obtenidos muestran que ambas biomásas presentan la capacidad de remoción, mayores al 50%, pero que la biomasa de avena se correlaciona de manera satisfactoria con un alto porcentaje de remoción. Finalmente, en este estudio se concluye que la biomasa de avena es muy eficiente para la remoción de los metales de arsénico y cromo mientras que la biomasa de cebada es menos eficaz.

Guerra (2018), en su tesis realizada, “Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas y su impacto en cultivos de arroz - Marona 2017”, tuvieron como objetivo determinar el impacto que genera los metales pesados (Cr, Al, Fe) en el cultivo de arroz debido al uso de agua proveniente de la cuneta. El método utilizado para dichos metales fue la espectrofotometría de absorción atómica, asimismo han seleccionado las pozas con mayor carga de contaminación de agua y suelo, en los resultados los impactos en el cultivo de arroz y suelo presentan mayor cantidad de fierro obteniendo un promedio de 2,76 mg/kg, de aluminio 0,11 mg/kg y de cromo 0,56 mg/kg. Finalmente se concluye que la concentración de cromo, aluminio y fierro aumentan mientras mayor sea el tiempo de exposiciones al medio ambiente.

Alcántara (2018), en su tesis de maestría titulada “Método integrado de remediación para la disminución de la concentración de metales pesados de aguas residuales de actividad minera de la sierra central”, realizó un estudio basado donde se propone la aplicación de un método

químico innovador de bajo empleo económico para la remediación de recursos hídricos contaminados, empleando un método de biorremediación usando cascarilla de arroz, para disminuir significativamente la concentración de los metales pesados, de aguas provenientes de la minería formal de Cerro de Pasco, ensayando con soluciones simples de concentración conocida de metales pesados y luego ensayando soluciones más complejas de metales .

Cavero (2020), tuvo como objetivo “determinar y explicar la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz y la concentración de activador sobre la remoción de iones de cromo de filtros geopoliméricos a base de metacaolín”, debido a la alta toxicidad que genera el cromo en la salud y a nivel ambiental, hizo uso del residuo de la industria arrocera como lo es la cascarilla de arroz la cual se evaluó como ceniza y junto con el metacaolín fueron activados con hidróxido de sodio. Para esta investigación se usaron cascarilla de arroz obtenida de la molinera que está ubicada al Av. Mansiche Km 3.5 Carretera hacia, Huanchaco Y caolín blanco, ubicada en el distrito de Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad.

Guevara (2018), en la ciudad de Junín Perú, en su tesis realizada tuvo como objetivo “evaluar la eficiencia de la bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado proveniente de cascarilla de arroz en aguas de la Laguna Huascacocha, Yauli, Junín 2018” para lo cual primero se obtuvo el carbón activado, con una activación química, utilizando ácido fosfórico, (H_3PO_4) en una relación de 1.2 gr de H_3PO_4 /grprecursor, y la activación térmica a una temperatura de 450°C. en su metodología se utilizó ensayos con el Tés de Jarras, utilizando muestras de agua extraídas de la laguna, y aplicando una dosis de 0.5gr 1gr y 3gr en donde se obtuvieron resultados con mayor eficiencia en la bioadsorción del plomo y cadmio con la dosis de 3 gr donde la mayor capacidad de adsorción del Pb a 96.04% y para cadmio fue 95.89%; por lo cual se determinó que el valor de capacidad de adsorción máxima para Pb de 0.030 mg/gr y para el ion Cd de 0.026 mg/gr.

Antecedentes Locales:

Flores (2016), en la ciudad de Cajamarca Perú, realizó su tesis “Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera” las evaluaciones se hicieron cada 30 días, tanto en la estación seca como en la estación lluviosa. Obteniendo como resultados que en todos los puntos de monitoreo existen metales pesados, no se puede concluir que sea debido a la actividad minera. El plomo fue el único metal que en cinco puntos de monitoreo sobrepasó los Estándares de Calidad Ambiental para agua, siendo su máxima concentración en el punto RGR(0,246 mgrL-1), donde superó en 392% al ECA. Asimismo, el manganeso excedió en la estación lluviosa en el punto RG2 (0,591 mg/L-1) con 18% y en el punto QE3 (0,533 mg/L-1) en la estación seca con 6.6 %.

Izquierdo y Verástegui (2017), en su tesis realizada, tuvieron como objetivo determinar la “concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hgry Pb) en el agua de la cuenca baja del río Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca – 2016”, donde al realizar los monitoreos en diferentes puntos y estaciones los resultados fueron concentraciones menores a los estándares establecidos por el D.S. N°015-2015-MINAM para aguas superficiales categoría 3 y solo fueron detectados algunos metales pesados como: El Arsénico, en dos puntos de muestreo (P4: 0,001mg/L y P5: 0,003 mg/L) Cadmio en cinco diferentes puntos de muestreo (P2, P3, P4, P5 y P6 con 0,001mg/L) y Plomo en dos puntos de muestreo (P3: 0,004 mg/L y P6: 0,007 mg/L) estas concentraciones respecto al mes de mayo, mientras que en el mes de noviembre los valores de la concentración de estos metales fueron : Arsénico, en tres puntos de muestreo (P1: 0,004mg/L, P2: 0,005mg/L y P4: 0,006 mg/L) y Plomo en dos puntos de muestreo (P3: 0,003 mg/L y P6: 0,004 mg/L).

Las bases teóricas utilizadas para este estudio:

Metales pesados

Son aquellos elementos químicos donde su densidad es mayor a 5 g/ml y son abundantes en la naturaleza, algunos metales pesados son “esenciales” para el funcionamiento de los organismos vivos, cuando sus concentraciones sean bajas, pero se vuelven tóxicos cuando se encuentran en concentraciones elevadas, entre ellos está el cobre (Cu^{2+}), zinc (Zn^{2+}), níquel (Ni^{2+}) y cobalto (Co^{2+}). Asimismo, los metales “no esenciales” también son tóxicos sin alguna actividad biológica, estos son el (Pb^{2+}), mercurio (Hg^{2+}), cadmio (Cd^{2+}), arsénico (As), plata (Ag^+) y cromo (Cr). Por otro lado, el aumento en la concentración de metales pesados en la biosfera es el resultado de fenómenos geológicos y de diversas actividades antropogénicas (Calva y Torres, 2003, p. 33).

Contaminación de los recursos hídricos por metales pesados:

La contaminación de los recursos hídricos por metales pesados es uno de los problemas más evidentes en el país, donde existe un uso indiscriminado de precursores químicos en actividades ilícitas, el uso de metales pesados como mercurio en actividades mineras, el vertimiento de aguas servidas y otro tipo de compuestos relacionados con actividades industriales y prácticas agrícolas inadecuadas, por consiguiente ha llevado a que la contaminación química en especial por metales pesados, constituya una de las más peligrosas para los ecosistemas acuáticos y las especies presentes en ellos. Los peces tienen la capacidad de almacenar en su organismo una concentración mayor de estos compuestos en comparación con la presente en el medio, por lo que son un indicador importante de la contaminación, pero también esto implica que su consumo se puede convertir en un problema de salud para las poblaciones que se alimentan de este recurso (Mancera y Álvarez, 2006, p.6).

Metales pesados en el agua y su efecto en la salud.

El incremento de metales pesados se debe principalmente a contaminación de origen industrial o minero, asimismo los lixiviados de vertederos de aguas residuales en cuerpos de aguas naturales, en otros casos existen aguas que se enriquecen naturalmente en su concentración metales pesados al pasar por acuíferos conformados por rocas que los contienen en su estructura química, en consecuencia esto va involucrar la contaminación de la cadena trófica hasta llegar a los alimentos destinados al ser humano, donde pueden causar múltiples enfermedades ya que se acumula en el organismo que con el paso del tiempo se presentará varios síntomas y patologías, por ejemplo, hormigueo en las extremidades, debilidad, daños hepáticos y renales, debido que tienden acumularse en los órganos encargados de la depuración, enfermedades neurológicas, como retraso intelectual en los niños, etc (Opazo, 2020).

Metales pesados más peligrosos y tóxicos para el medio ambiente y la salud

Plomo:

El plomo es un metal que se ha usado extensamente desde la antigüedad, por lo que se puede demostrar efectos dañinos en la mayoría de personas. Este metal afecta sistemas, órganos y tejidos y su efecto puede ser proporcional a la cantidad presente en el organismo. Pero los umbrales de sus efectos tóxicos varían en diferentes individuos. Tal es el caso que los niños son más propensos a absorber cantidades mayoritarias de este metal, actualmente se han generado enfermedades drásticas por personas a la exposición de este metal tal es el caso de Cerro de Pasco en el Perú, por la minera metalúrgica la Oroya, que tiene influencia con el pueblo de Pasco (Poma, 2008, p. 120). También informan si hay presencia de plomo en las redes de agua puede ser ya sea origen industrial, minero y descargas de hornos de fundición o de cañerías viejas de plomo (Serrano y Novillo, 2019, p.22).

Arsénico:

El arsénico tiene la capacidad de formar componentes orgánicos e inorgánicos tanto en el medio ambiente como en el cuerpo del ser humano, donde la vía oral es la principal ruta de exposición del arsénico, ya sea por consumir agua o alimentos contaminados, por otro lado, la exposición por vía inhalatoria que puede afectar mayormente a los agricultores que ocupan pesticidas. El arsénico mayormente se impregna en el organismo y se almacena principalmente en el hígado, corazón, riñón y pulmón; también en cantidades menores se almacena en músculo y tejido nervioso, dando lugar a que se considere como un metal carcinógeno (Nava y Méndez, 2011, p. 143).

Cobre:

Es el elemento químico (Cu), con número atómico 29 y un metal de transición e importante metal no ferrosos, y su utilidad básicamente se debe a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, como también en sus propiedades eléctricas, por otro lado, ha sido uno de los primeros metales que han usado las personas. El cobre es una sustancia muy común que ocurre naturalmente y se expande a través del ambiente mediante fenómenos naturales, mayormente se encuentra cerca de las minas, asentamientos industriales, vertederos y lugares de residuos, también puede ser encontrado en diversas comidas, en el agua potable y en el aire, por otro lado, es una sustancia esencial en la vida humana, pero a excesivas dosis puede causar daño en la salud, debido a que los seres humanos usan ampliamente el cobre. Por ejemplo, es aplicado en industrias y en agricultura, al mismo tiempo cada día se adsorbe tanto en la comida, bebiendo y respirando, por consecuente algunas de las enfermedades más comunes presentes son: Anemia, daño del hígado y riñón, y la irritación del estómago e intestino (Martinez et al., 2016, p. 8).

Cadmio:

El cadmio es una sustancia natural en la corteza terrestre, se encuentra como mineral combinado con otras sustancias como el oxígeno, cloro o azufre, además el cadmio entra al aire de fuentes como la minería, industria, al quemar carbón y de desechos domésticos, asimismo ingresa al agua y al suelo de vertederos y de derrames o escapes de sitios de desechos peligrosos, es transportado a grandes distancias cuando es absorbido por el lodo, dicho lodo es rico en cadmio que puede contaminar las aguas superficiales y los suelos, ya que dicho metal es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo, Sin embargo, a mediados del siglo XX la emisión antropogénica de cadmio ha comenzado a incrementarse notablemente, debido a la minería y metalurgia, donde las actividades mineras de metales ferrosos son la principal fuente de liberación de cadmio, principalmente en el medio acuático, al igual que en la industria y en la producción y usos de fertilizantes fosfatados. De modo que las poblaciones u individuos expuestas a dicho metal, con el paso del tiempo presentarán diversas enfermedades crónicas, principalmente y el más temeroso es el desarrollo de cáncer al pulmón (Quispe, 2017, p. 26).

Zinc:

El Zinc es un elemento químico metálico esencial de número atómico 30 y símbolo Zn en el grupo 12 de la tabla periódica de los elementos. Presenta color blanco, es brillante y blando, abundante en la corteza terrestre ya sea como sulfuro, carbonato o silicato, además es usado en la fabricación de pilas eléctricas en la formación de aleaciones como el latón y en la galvanización del hierro y el acero, este metal es tóxico tanto en la salud como el medio ambiente, ya que es un oligoelemento que interviene en el metabolismo celular y se halla en numerosas enzimas en diversos organismos, pero a pesar de que es el menos tóxico de todos los oligoelementos, se debe evaluar su toxicidad (Rebaza y Valverde, 2019, p. 18).

Cromo:

Según Herrera et al. (2011), Menciona que entre los distintos metales pesados que se descargan al medio ambiente a través de diversas aguas residuales, se encuentra el cromo hexavalente que es uno de los más tóxicos y sus considerables niveles lo han convertido en una preocupación real a nivel de salud humana, asimismo| este metal posee gran estabilidad en agua, y muy en particular en su forma hexavalente, siendo ésta la más tóxica. Por otro lado, en seres humanos se ha demostrado un incremento en el riesgo de contraer cáncer de pulmón por inhalación y/o consumo de este elemento. Las industrias químicas de galvanoplastia y de curtiembres han incrementado el volumen de efluentes que contienen metales pesados y específicamente del Cr (VI), sobre todo en regiones donde las actividades de curtido de cuero no son muy tecnificadas (p.74).

Composición química de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un tejido vegetal y a la misma ves el subproducto del procesamiento del grano que se adquiere en grandes cantidades en todos los molinos arroceros. Su composición química ha sido determinada en diferentes partes del mundo ya que es de gran importancia e interés para distintas aplicaciones; los constituyentes principales de la cáscara de arroz son la lignina, celulosa y hemicelulosa, los porcentajes de éstos varían de un país a otro e incluso en una misma región. Todo esto depende de las condiciones geográficas y climáticas como también a los fertilizantes utilizados durante el crecimiento arrozal (Alemán, 2012, p. 25).

Características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz.

Las características fisicoquímicas que presenta la cáscara de arroz y entre ellas encontramos: Densidad aparente con un valor de 0.73 g/ml, contenido de humedad un 6.62%, contenido de ceniza 45.97%, tamaño de partícula 200.00 μ m, área superficial 272.50 m²/g, acidez superficial 0.10mEq/gry basicidad superficial con un 0.45mEq/gr(Cavero, 2020, p. 19).

Cascarilla de arroz como material adsorbente de metales pesados.

Debido a las características fisicoquímicas que presenta la cascarilla de arroz se ha identificado como un material viable y económico para la remoción de distintos contaminantes, pero principalmente en metales pesados (Cavero, 2020, p. 19).

Importancia del arroz

En el Perú el arroz es uno de los productos principales en los cultivos de importancia Nacional, y es considerado un alimento fundamental en la canasta básica familiar, llegando a tener un consumo per cápita de arroz de 63.5 kg/persona/año (Pinazo, 2017, p. 4). Asimismo, las principales zonas de alta producción de arroz en el Perú están en: Cajamarca, Amazonas, San Martín, Arequipa, la Libertad, Lambayeque y Piura. Por ende, se puede determinar que en nuestro país si es viable realizar un proyecto de esta categoría ya que es un gran productor de arroz y por consiguiente de la cascarilla que es el elemento esencial para encaminar este tipo de proyectos, ya que la cascarilla de arroz pasaría a ser transformado como carbón activado.

Beneficios de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un subproducto de la actividad arrocera que puede ser utilizada en diferentes actividades dando múltiples beneficios en diferentes sectores, por lo cual se ha convertido en una alternativa importante e interesante para otros sectores económicos, por ejemplo, como el avícola, floricultor, ganadero, construcción entre otros (Anzola, 2021, p.2). Relacionado a todo lo mencionado el uso de la cascarilla de arroz es tan eficiente e importante en diferentes usos, pero muchos peruanos no lo utilizan y son quemados o arrojados en donde implica una contaminación ambiental negativa. En esta investigación el uso de la cascarilla de arroz se está utilizando básicamente como medio adsorbente en la remoción de metales, aparte de esto como ya se mencionó, el Perú está en el segundo lugar en la producción de arroz. Esto hace reflexionar que a más producción de arroz va a haber más residuos sólidos o también llamado para algunas personas como basura. Esto implica e innova que como peruanos

debemos desarrollar múltiples actividades con el uso de la cascarilla de arroz, viendo la realidad problemática que sufre nuestro Perú por tantos agentes contaminantes, principalmente por las industrias y empresas mineras.

Carbón activado

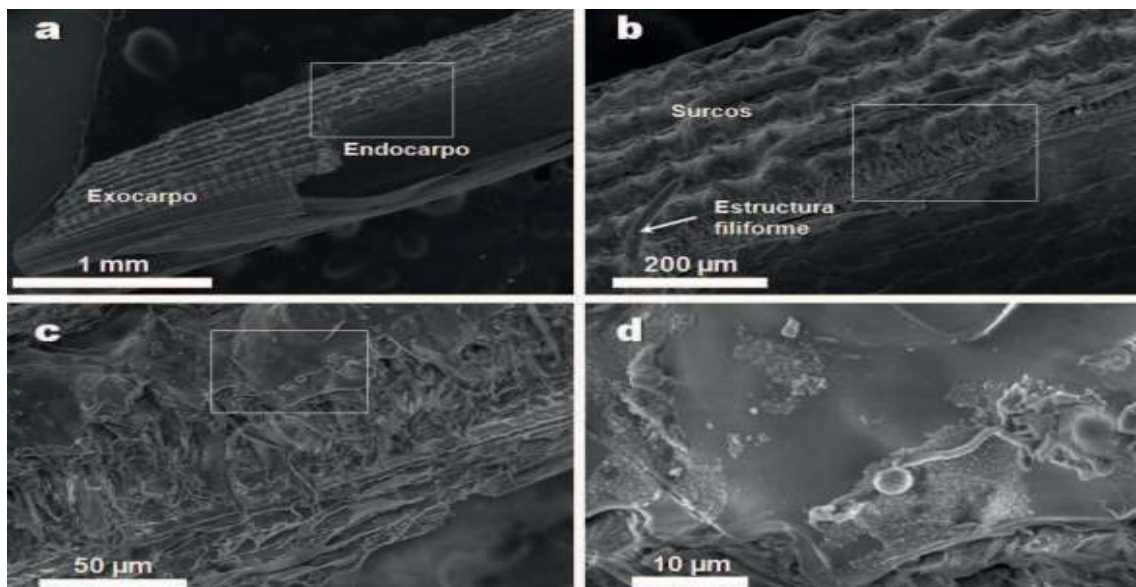
El carbón activado al igual que otros tipos de carbón, forman un grupo de materiales carbonosos en donde la estructura y las propiedades son similares a la estructura y propiedades del grafito, por ende, se usa mucho en el tratamiento de aguas y en la purificación de aire (Apaza y Condori, 2018, p.18). Por otro lado los usos del carbón activado han sido ampliamente investigados con con mucha interes para la remoción de diversos contaminantes organicos e inorganicos en el abastecimiento y tratamiento de aguas con unos resultados altamenete eficientes (Obregón, 2019, p.9).

Composición química y física del carbón activado.

Su composición química es aproximadamente en un 70-80% de C, un 5 al 10% de cenizas, 60% de oxígeno y 0,5% en hidrógeno, esta composición es prácticamente pura. Por otra parte, la composición física posee una estructura microcristalina ya que da una razón a una distribución de poros de tamaños bien determinados, existen tres tipos de poros según su radio: macroporos ($r > 25$ nm), mesoporos ($25 > r > 1$ nm) y microporos ($r > 1$ nm) (Navarrete et al., 2014, pp. 35-36).

Figura 1

Imágenes de MEB de la cascarilla de arroz original a diferentes aumentos



Importancia del carbón activado

El carbón activado puede ser utilizado en tecnologías actuales o futuras, ya que se denomina un adsorbente debido a su enorme capacidad que tiene tanto en sólidos, vapores y gases. Por otro lado, en la actualidad puede ser una tecnología implementada en diferentes industrias y su importancia vive en ser un proceso eficiente en la remoción de contaminantes, asimismo puede ser llevado a cualquier lugar, pero sabiendo la manera correcta de una buena instalación en la red de agua, gas o vapor que se desee ubicar (Navarrete, et al. 2014, p. 42).

Técnicas de aplicación para la remoción de metales pesados

Para este estudio se ha considerado la aplicación de una técnica sostenible y sustentable para la adsorción y remoción de metales pesados presentes en el agua que se han generado por diversas actividades antropogénicas, en tal sentido en un estudio realizado se demuestra que es una alternativa de descontaminación eficiente, utilizando residuos como la cascarilla de arroz que, gracias a sus características fisicoquímicas, promete ser un buen adsorbente de metales

pesados. Se han realizado diversos estudios de adsorción variando parámetros como tamaño de partícula, pH, tiempo de contacto y concentración inicial del metal. Estas variables se deben controlar para garantizar una mayor validez en el proceso (Llanos, et al. 2016, p. 151).

1.2. Formulación del problema

¿Es eficiente el carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz como medio adsorbente para la remoción de metales pesados en efluentes industriales?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Comprobar la eficiencia del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz como medio adsorbente para la remoción de metales pesados de efluentes industriales.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar la capacidad que puede tener el carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz como medio adsorbente frente la remoción del plomo, cadmio, arsénico, cobre, hierro, zinc; y cromo.

Analizar las características físicas y químicas de la cascarilla de arroz que hacen posible la adsorción de metales pesados y su remoción.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente estudio tiene enfoque no experimental transversal porque no se manipulan deliberadamente las variables independientes; es decir estas se basan en categorías, conceptos, variables, sucesos, fenómenos o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador. En esta investigación se recolectaron datos de otros estudios teniendo en cuenta el factor del tiempo, según Hernández et al. (2014), Manifiestan que la investigación no experimental se realiza sin manipular las variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos (p. 92).

2.2 Población y muestra

2.2.1. Población

Según (Hernández et al. 2014), una población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones, (p.174). De acuerdo con ello, la población está dada por todas las investigaciones que tengan una finalidad de evaluar, analizar o estudiar la eficiencia del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz como medio adsorbente para la remoción de metales pesados en el agua, para lo cual en esta investigación los estudios fueron obtenidos de las bases de datos de los últimos 10 años de los repositorios de Ebsco, Google académico, y ProQues, donde se detalla en la figura 2.

2.2.2. Muestra

La muestra ha sido elegida a criterio y conveniencia de los investigadores, como lo menciona (Otzen et al. 2017), una muestra puede ser obtenida de dos tipos: Probabilística y no probabilística, donde en las técnicas de muestreo no probabilístico por conveniencia permite

seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos, por consecuente la selección de los objetos de estudio dependerá de los criterios que el investigador considere, (p.230). Por lo tanto, para determinar a los elementos de la muestra se tuvo en cuenta los siguientes criterios de inclusión de investigaciones.

Tesis, artículos de investigaciones e informes que se encuentran en los repositorios institucionales de diferentes universidades a nivel nacional e internacional, encontrados mediante la ecuación de búsqueda con los operadores booleanos y al mismo tiempo de manera empírica con las palabras claves: Carbón activado, cascarilla de arroz, remoción y metales pesados, considerando de esta manera 5 investigaciones de los cuales cuatro son tesis, y un artículo de investigación referente a las propiedades físicas y químicas de la cascarilla de arroz, cuyas estas investigaciones fueron publicadas en los últimos 10 años publicadas con el idioma español.

Para la selección de la muestra se siguió un proceso aplicando los criterios de inclusión antes mencionados que se detalla en la figura 2.

2.3. Materiales

Para el análisis de la literatura científica se empleó las herramientas de base electrónica de Ebsco, ProQues, Google académico y otros., teniendo en consideración como base científica la adsorción de metales pesados a base del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz, y aplicado en recursos hídricos que han sido alterados de su medio natural por diferentes actividades antropogénicas. Asimismo, para realizar la investigación y selección de artículos se utilizó laptop, cuaderno y lapiceros.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1 Técnicas de recolección de datos.

La técnica para una buena recolección de datos es una revisión documental, con respecto a esta técnica Hernández et al. (2014), Mencionan que una revisión documental implica consultar, analizar bien, descubrir y obtener la bibliografía, como también otros materiales que sean útiles para el propósito del estudio, para que así sean extraídos y seleccionados la información más relevante y necesaria para enmarcar el problema de investigación (p.61).

2.4.2 Técnicas e instrumentos de análisis de datos

2.4.2.1. Técnicas de análisis de datos

La técnica para analizar los datos obtenidos de estudios ya realizados, fue una técnica de análisis documental concentrada en los documentos relacionados a la aplicación del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz en la remoción de metales pesados. La información se analizó en una computadora con la ayuda de software Microsoft Excel 2016, donde se ha analizado las características principales del arroz y su aplicación como carbón activado, como también se ha comparado los porcentajes de remoción de los diferentes metales y la eficiencia exponencial que tiene con algunos metales a diferencia de otros.

2.4.2.2. Instrumento de análisis de datos

El instrumento para analizar los datos fue el software Microsoft Excel 2016 en una computadora, donde se procesó toda la información de los 5 estudios más relevantes mediante tablas y gráficos, con la finalidad de obtener una comparación de los resultados de las investigaciones revisadas respecto a la remoción de los diferentes metales pesados, al mismo tiempo para identificar la composición de la cascarilla de arroz.

2.5. Procedimiento

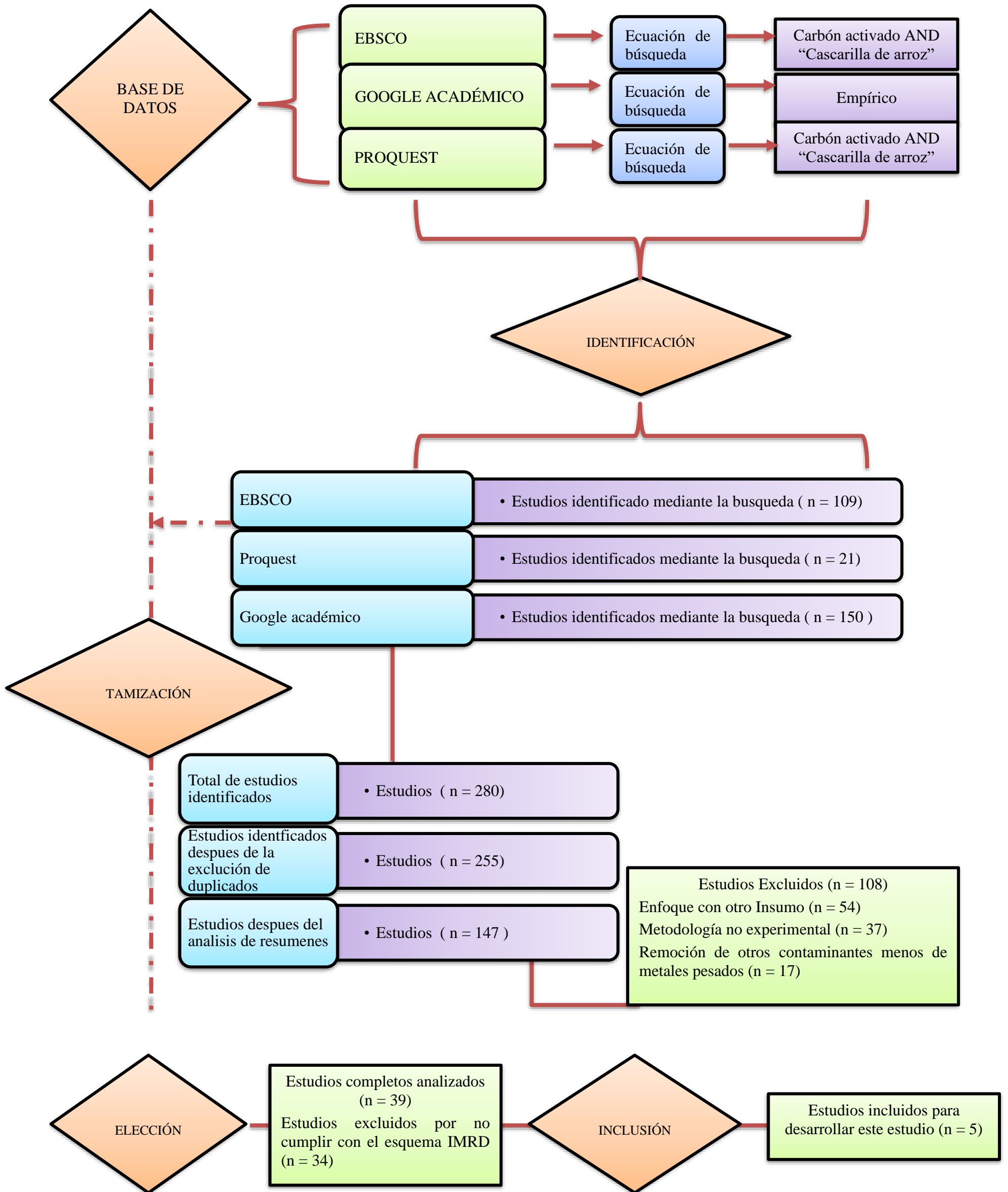
La realización de la presente investigación está organizada en dos etapas:

2.5.1. Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica inició con la búsqueda de investigaciones en repositorios de diferentes universidades durante los 10 últimos años, siendo las bases de datos Ebsco, ProQuest, y también, Google académico, utilizando una ecuación de búsqueda con ayuda de operadores boléanos salvo que para la última base de datos mencionada, la búsqueda es empírica ya que esta base de documentos en su plataforma digital no cuenta con conectores boléanos para la cual solo se utilizó las palabras claves como cascarilla de arroz, carbón activado, remoción de metales pesados y medio adsorbente, así mismo teniendo en consideración los criterios de inclusión y exclusión, en donde se excluyeron estudios que estaban enfocados con otro insumo, tenían una metodología no experimental y también la remoción era de otros contaminantes pero no de metales pesados, obteniendo 39 investigaciones y para la inclusión se consideró estudios que cumplieran con el formato IMRD el cual representa (Introducción, materiales y métodos, resultados, discusión), logrando seleccionar 5 investigaciones, de las cuales 4 tesis y 1 artículo sobre la cascarilla de arroz, tal como se detalla en la figura 2 todo el procedimiento realizado para sintetizar las investigaciones de las diferentes bases de datos y realizar la selección.

Figura 2

Diagrama de flujo de investigación bibliográfica



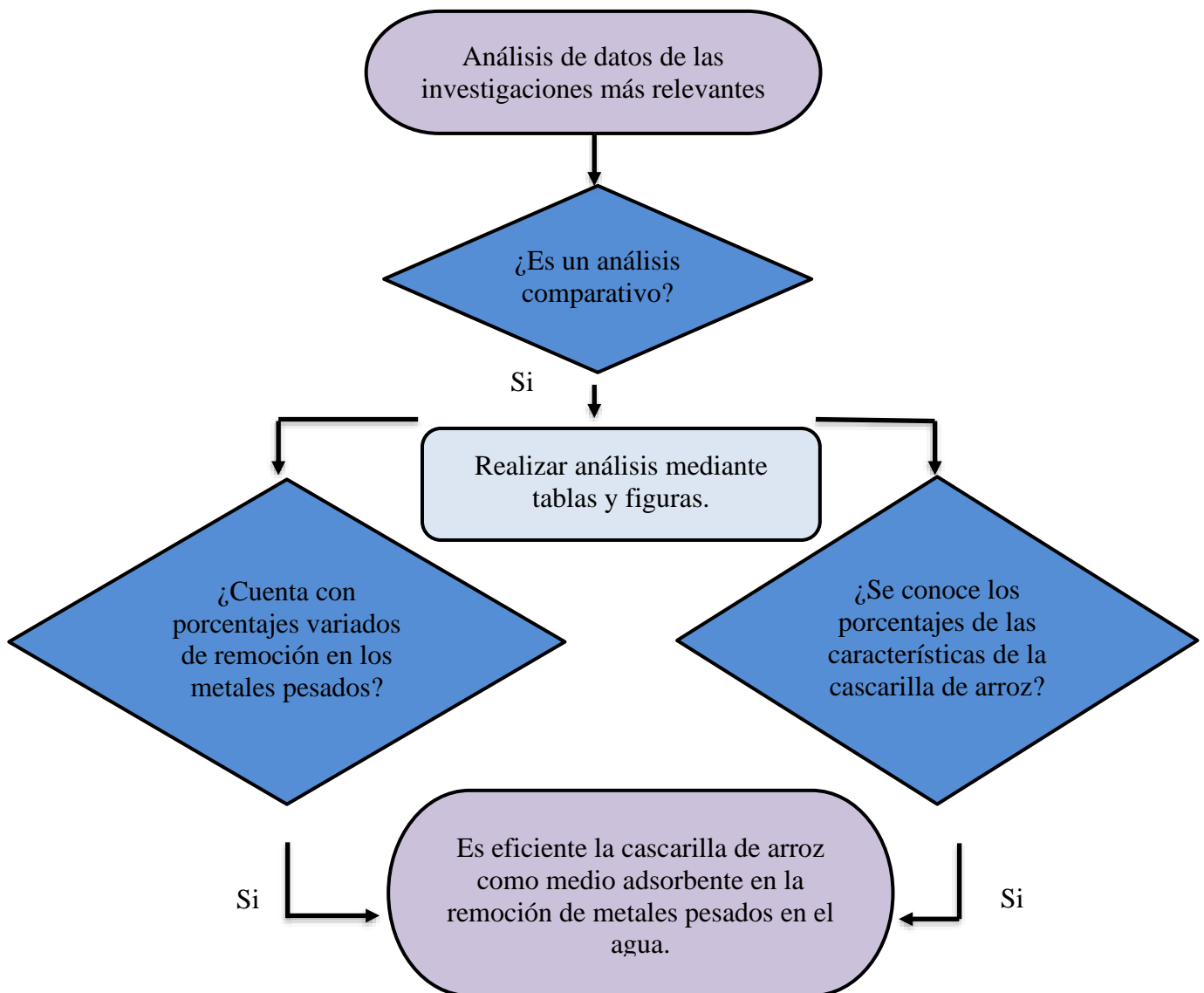
Nota: En el grafico se representa el método utilizado para buscar y analizar y seleccionar la información más resaltante para el estudio que se está desarrollando en este caso se tomaron 5 estudios que más relación guardaban con el tema en estudio.

2.5.2. Análisis de datos.

En esta etapa se realizó un análisis de los datos más relevantes, para determinar en porcentaje de las características de la cascarilla de arroz, como también la variación de porcentajes en la remoción de los diferentes metales pesados encontrados, se muestran en la siguiente figura.

Figura 3

Flujograma del análisis de datos en los estudios más relevantes



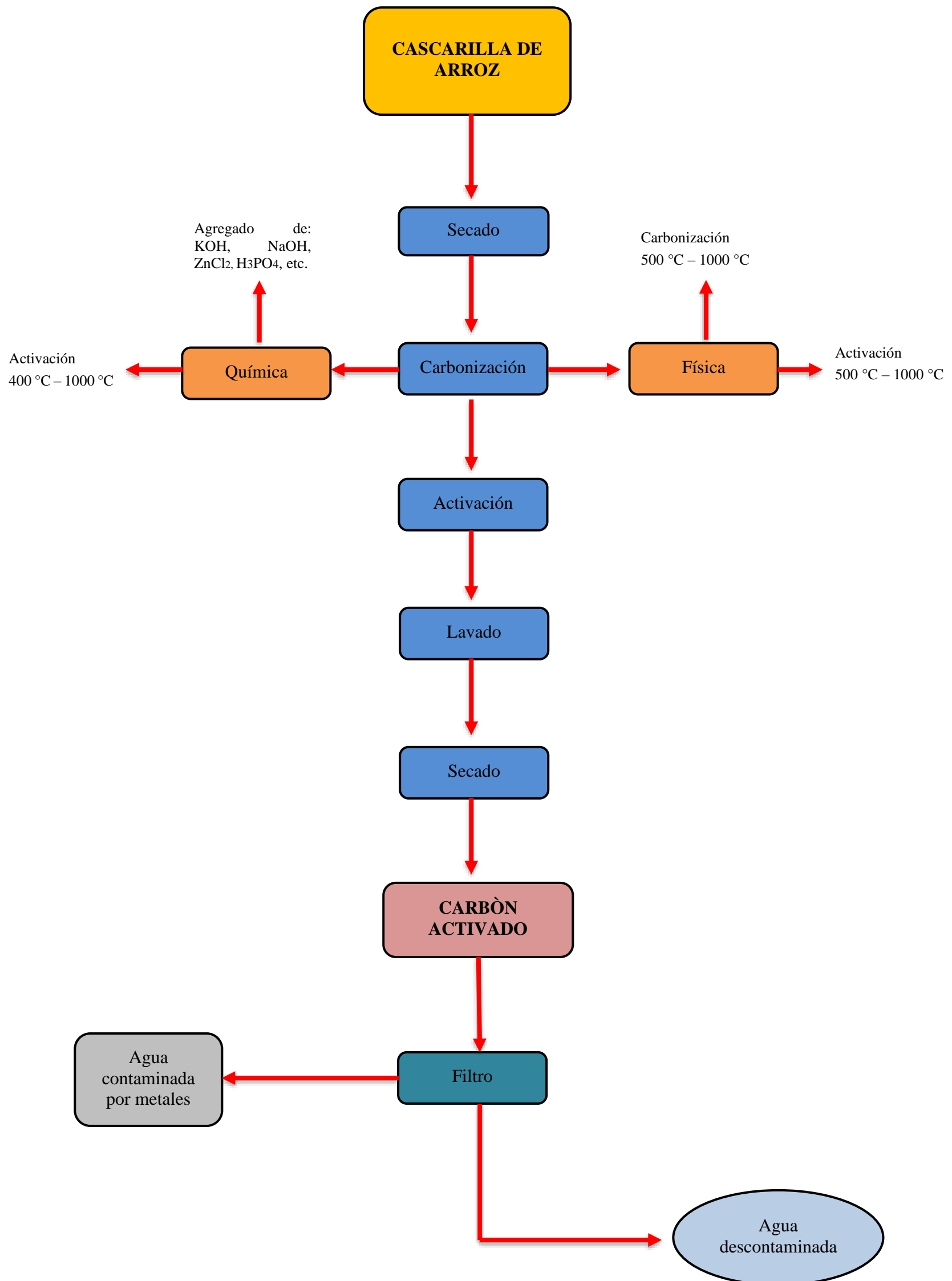
Nota En la figura mostrada se puede evidenciar el análisis realizado de las investigaciones más relevantes para lo cual se tomó en cuenta un análisis corporativo que consiste en realizar interpretaciones de tablas y de figuras y ver la eficiencia del tema en estudio.

2.6. Procedimiento para la obtención del carbón activado

En el siguiente grafico se pude evidenciar el procedimiento para la obtención del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz, de la misma forma como es su actuar con la remoción de diferentes metales pesados en el agua.

Figura 4

Procedimiento para la obtención del carbón activado de la cascarilla de arroz y los procesos en la remoción de metales



Nota. En la gráfica mostrada se puede evidenciar el proceso a que es sometido la cascarilla de arroz para que sea eficaz en la remoción de metales pesados así mismo el procedimiento de cómo debe ser aplicada para su correcto funcionamiento y beneficio. Figura adaptada del texto de procedimiento para la obtención del carbón activado de la cascarilla de arroz (Guevara, 2018) p. 34

2.7. Aspectos Éticos

En esta investigación se ha tomado algunos aspectos éticos, tales como la responsabilidad, este valor nos ayudado a tomar decisiones y a mejorar cada error que haya existido en este estudio y así resolverlo de la manera adecuada, asimismo aplicando la honestidad ya que es un valor muy importante que nos permite aumentar la confianza en nosotros mismos, por consecuente se han citado a todas las fuentes que han sido consultadas y consideras en dicha investigación con el fin de evitar algún plagio en dicho trabajo de investigación, por otro lado, los resultados se presentan sin alterar datos reales y finalmente no se ha usado información privada que requiera permiso.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos de la eficiencia que tiene el carbón activado obtenido de la cascarilla en la remoción de metales pesados, para lo cual se tomó 5 estudios que cumplan con los objetivos planteados, así misma también se mostrará la composición química que tiene la cascarilla de arroz y de qué manera influye en la remoción de metales pesados.

Tabla 1

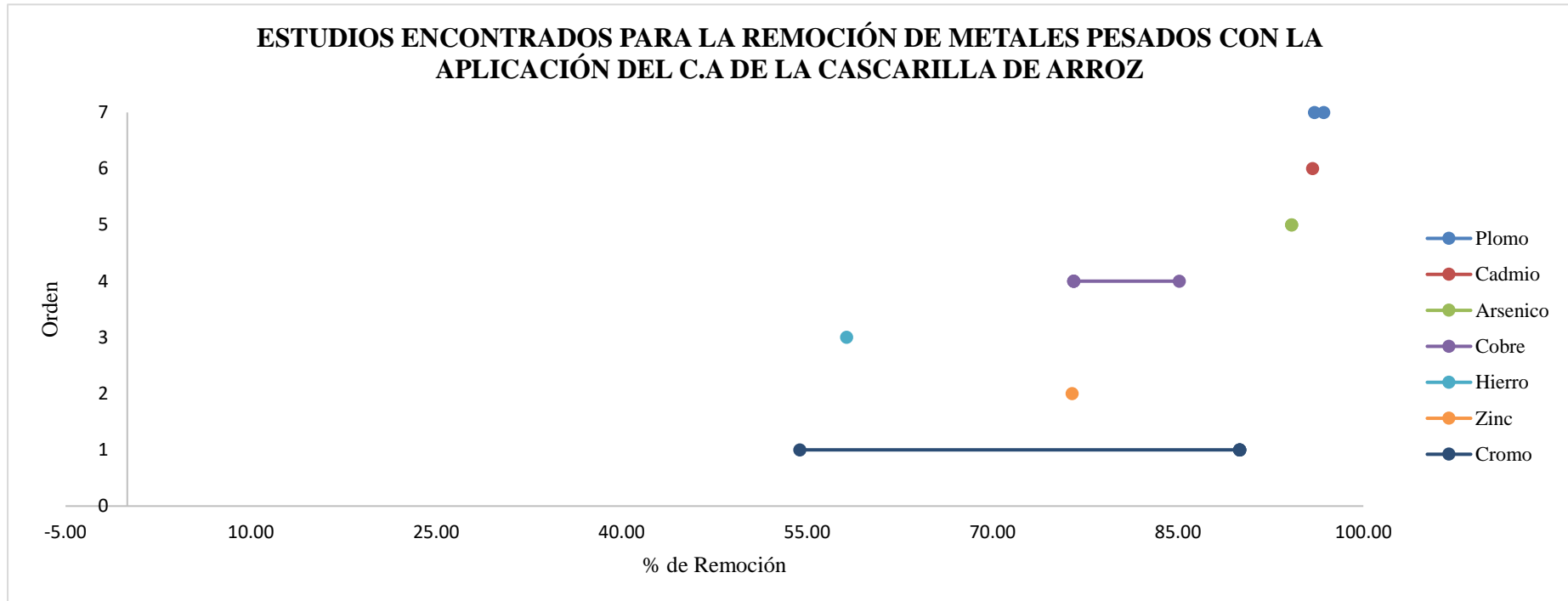
Capacidad de remoción de metales pesados en estudios analizados

Metal pesado	Cita bibliográfica	Capacidad de remoción %	ID
	(Guevara, 2018) p. 38	96.04%	7
Plomo	(Alcántara, 2018) p. 69	96.80%	7
Cadmio	(Guevara, 2018) p. 45	95.89%	6
Arsénico	(Navarrete et al, 2014) p. 108	94.2%	5
	(Alcántara, 2018) p. 69	85.1%	4
Cobre	(Navarrete et al, 2014) p. 108	76.58%	4
Hierro	(Alcántara, 2018) p.67	58.2%	3
Zinc	(Alcántara, 2018) p. 69	76.43%	2
	(Cavero, 2020 p. 42)	54.42%	1
Cromo	(Doria et al, 2016) p. 104	90%	1

Nota. Esta tabla muestra todos los autores de los estudios relevantes, para la eficiencia de la remoción de metales descritos en la tabla, así mismo se logra demostrar la cantidad de metal que fue removido en cada estudio.

Figura 5

Estudios analizados y su capacidad de remoción de metales pesados



Nota. En la figura 5 se puede evidenciar los estudios que se tomó para realizar esta investigación los cuales fueron 5, así mismo la capacidad de remoción que se tuvo en cada uno de ellos en diferentes metales pesados, estos fueron estrictamente analizados y escogidos ya que estos cumplen con los objetivos planteado, determinado que en los estudios más eficiente fue la remoción del Plomo, Cadmio, Arsénico, y Cromo, en el caso del plomo se pudo evidenciar que si se aplicaba un gramo más de carbón activado de la cascarilla de arroz se lograba superar el ECA de categoría 3 ya que a mayor porcentaje de concentración y tiempo a la vez, habrá mejor porcentaje de remoción de mencionados metales pesados, así mismo se especifica el orden de acuerdo a la remoción de cada metal pesado donde la más eficiente remoción fue en el plomo el cual se le otorgo el orden número 7, de la misma forma se le agrego el orden a los demás metales pesados tomando en cuenta su capacidad de remoción.

Comportamiento del plomo

En estudios realizados acerca del comportamiento del plomo frente a la aplicación del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz para su remoción se obtuvieron los siguientes resultados en 0.5gr 1gr y 3gr respectivamente.

Tabla 2

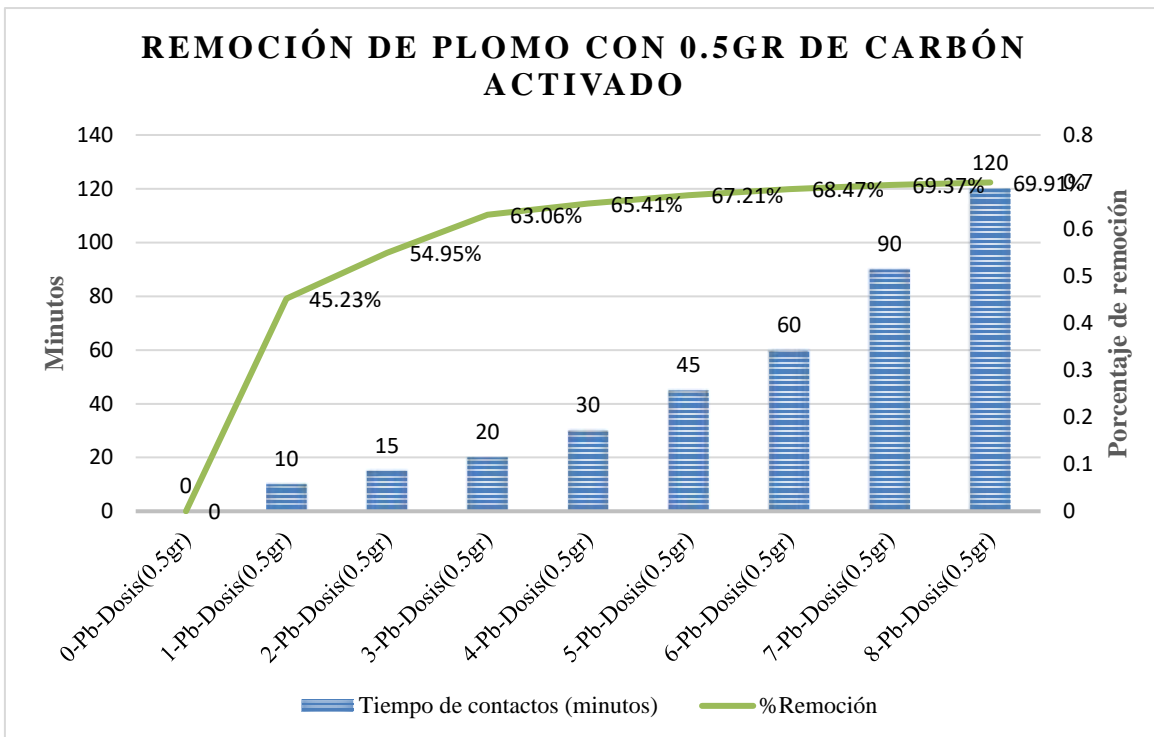
Remoción del plomo con la aplicación de 0.5gr de carbón activado.

Número de muestras estudiadas y dosis aplicada	Tiempo de contactos (minutos)	%Remoción
0-Pb-Dosis(0.5gr)	0	0
1-Pb-Dosis(0.5gr)	10	45.23%
2-Pb-Dosis(0.5gr)	15	54.95%
3-Pb-Dosis(0.5gr)	20	63.06%
4-Pb-Dosis(0.5gr)	30	65.41%
5-Pb-Dosis(0.5gr)	45	67.21%
6-Pb-Dosis(0.5gr)	60	68.47%
7-Pb-Dosis(0.5gr)	90	69.37%
8-Pb-Dosis(0.5gr)	120	69.91%

Nota. En esta tabla se muestra la dosis de carbón activado que fue 0.5gr para remover el plomo en un transcurso de 120 minutos, así mismo de qué manera fue ascendiendo su porcentaje de remoción, ante esto se puede terminar que la dosis aplicada debe ser mayor en los que es el tiempo si es adecuando para el tratamiento

Figura 6

Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Pb con una dosis de 0.5gr de carbón



Nota. En la figura 6 se puede evidenciar el comportamiento que tuvo el plomo con la aplicación de 0.5gr de cascarilla de arroz, y en que magnitudes se fue removiendo con respecto al tiempo, inicialmente en 10 minutos removió 45.23% de este metal, teniendo en cuenta que a mayor tiempo de contacto mayor será la remoción, logrando evidenciar que en el último tiempo que fue 120 minutos y se logró remover 69.91% de mencionado metal.

Tabla 3

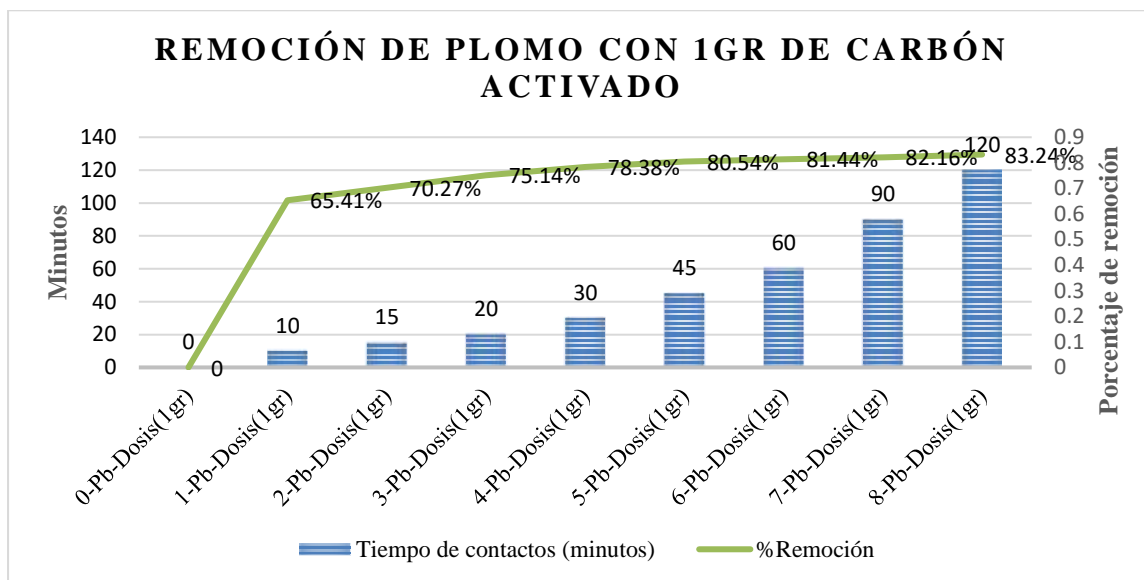
Remoción de plomo con 1gr de carbón activado

Número de muestras estudiadas y dosis aplicada	Tiempo de contactos (minutos)	%Remoción
0-Pb-Dosis(1gr)	0	0
1-Pb-Dosis(1gr)	10	65.41%
2-Pb-Dosis(1gr)	15	70.27%
3-Pb-Dosis(1gr)	20	75.14%
4-Pb-Dosis(1gr)	30	78.38%
5-Pb-Dosis(1gr)	45	80.54%
6-Pb-Dosis(1gr)	60	81.44%
7-Pb-Dosis(1gr)	90	82.16%
8-Pb-Dosis(1gr)	120	83.24%

Nota. En esta tabla se puede evidenciar la cantidad de dosis que fue aplicada para remover el plomo en el transcurso de 120 minutos, de la misma manera se presenta como fue evolucionando su porcentaje de remoción con el transcurrir del tiempo, se determina que la dosis aplicada es muy poco para la remoción de este metal en el tiempo dado si es apto.

Figura 7

Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Pb con 1gr de dosis de carbón



Nota. En la figura 7 se puede evidenciar el tiempo de contacto con respecto a la remoción del plomo para lo cual en este experimento analizado la dosis de aplicación del carbón activado de la cascarilla de arroz fue 1gr en tiempo inicial de 10 minutos pudo remover un 65.41% de este metal y finalizando en un tiempo de 120 minutos se logró remover 83.24% de mencionado metal

Tabla 4

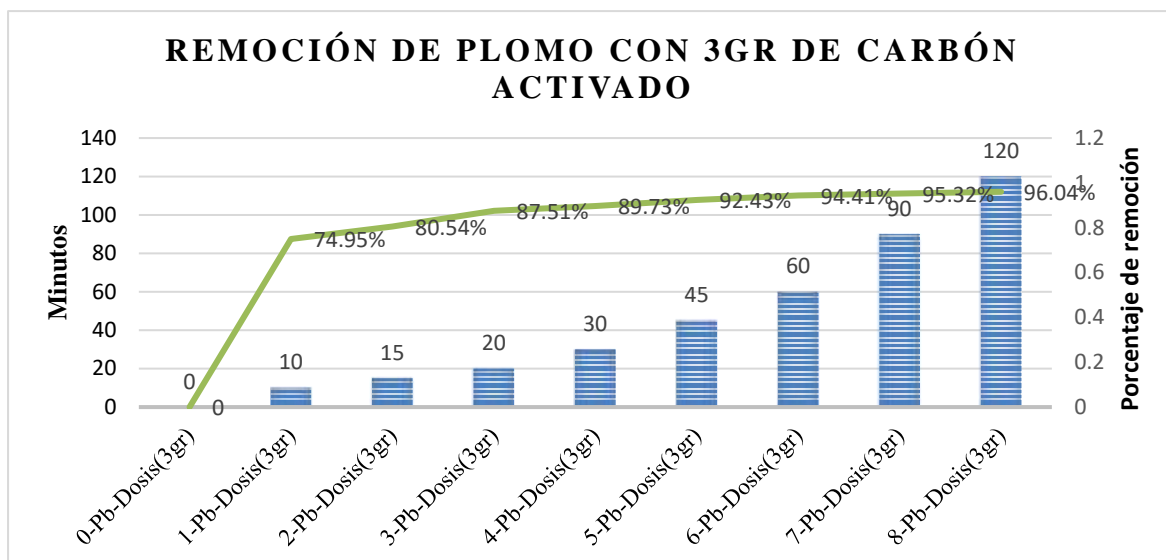
Remoción del plomo con 3gr de carbón activado

Número de muestras estudiadas y dosis aplicada	Tiempo de contacto (minutos)	%Remoción
0-Pb-Dosis(3gr)	0	0
1-Pb-Dosis(3gr)	10	74.95%
2-Pb-Dosis(3gr)	15	80.54%
3-Pb-Dosis(3gr)	20	87.51%
4-Pb-Dosis(3gr)	30	89.73%
5-Pb-Dosis(3gr)	45	92.43%
6-Pb-Dosis(3gr)	60	94.41%
7-Pb-Dosis(3gr)	90	95.32%
8-Pb-Dosis(3gr)	120	96.04%

Nota. En esta tabla se demuestra la aplicación de la dosis de 3gr de carbón activado para la remoción del plomo presente en el agua en un transcurso de 120 minutos, así mismo de qué manera fue evolucionando el porcentaje de remoción con el transcurrir del tiempo, en las tablas anteriores su dosis fue menor y en este caso que se aplicó más gramos de carbón activado el porcentaje de remoción fue mayor por ende se determina que la dosis para la remoción de este metal tiene que ser mayor a las aplicadas en el tiempo transcurrido si es adecuado.

Figura 8

Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Pb con 3gr dosis de carbón activado



Nota. En la figura 8 se puede evidenciar el tiempo de contacto respecto a la remoción del plomo para lo cual se aplicó 3gr de carbón activado dando como resultado último un 96.04% de remoción, en este caso se puede mostrar la gran diferencia que hay respecto a los anteriores análisis, donde podemos mencionar y a la misma vez afirmar que para un estudio respecto a la remoción del plomo utilizando la cascarilla de arroz es recomendable agregar mayor cantidad de carbón activado y dejar actuar con un tiempo mayor, para tener mejores resultados respecto al porcentaje de la remoción.

Tabla 5

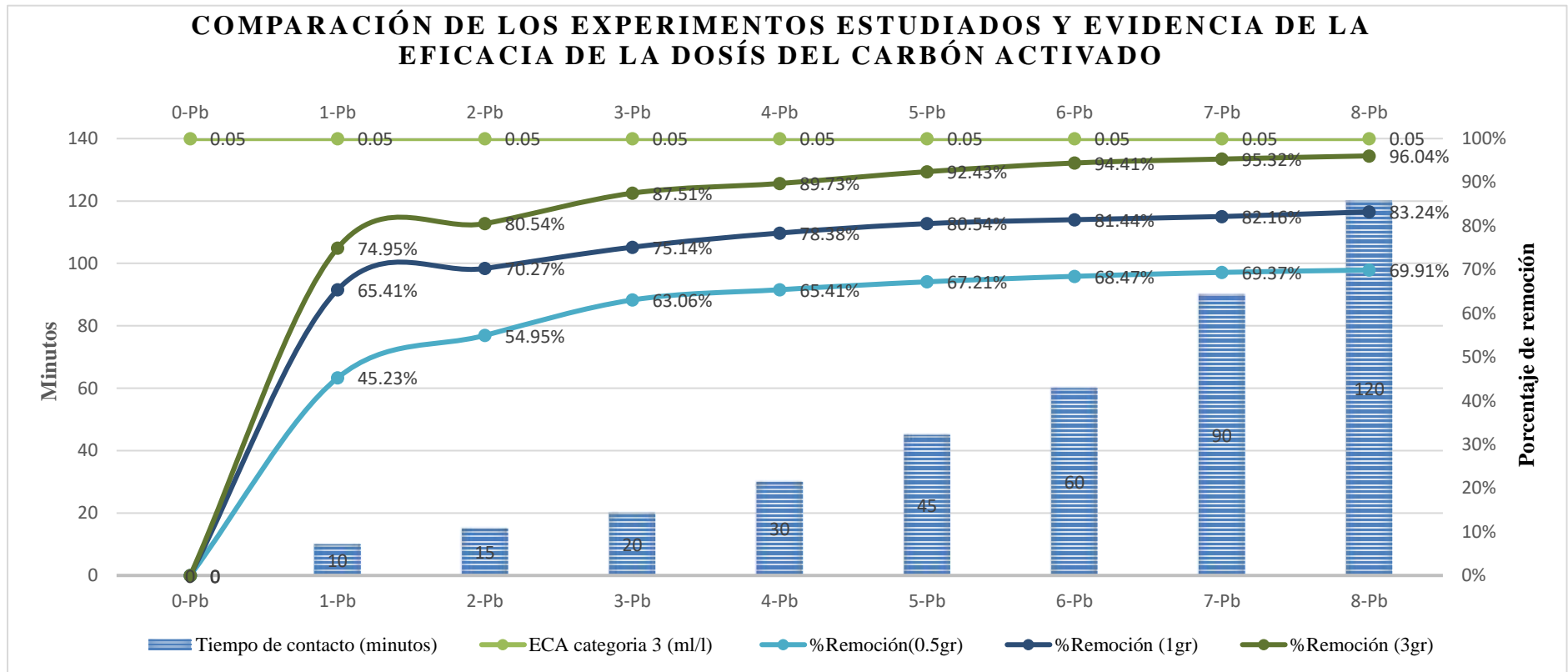
Asimilación del carbón activado en diferentes dosis frente a la remoción del Plomo

Promedio de muestras estudiadas	Tiempo de contacto (minutos)	ECA Categoría 3 (ml/l)	%Remoción(0.5gr)	%Remoción (1gr)	%Remoción (3gr)
0-Pb	0	0.05	0	0	0
1-Pb	10	0.05	45.23%	65.41%	74.95%
2-Pb	15	0.05	54.95%	70.27%	80.54%
3-Pb	20	0.05	63.06%	75.14%	87.51%
4-Pb	30	0.05	65.41%	78.38%	89.73%
5-Pb	45	0.05	67.21%	80.54%	92.43%
6-Pb	60	0.05	68.47%	81.44%	94.41%
7-Pb	90	0.05	69.37%	82.16%	95.32%
8-Pb	120	0.05	69.91%	83.24%	96.04%

Nota. En esta tabla se demuestra la aplicación del carbón activado en diferentes dosis para la remoción del plomo, donde se puede determinar qué tan eficiente fue removiendo este metal, el tiempo aplicado máximo para las tres dosis fue de 120 minutos, también se realizó una comparación con el ECA 3, como se pudo evidenciar que a mayor dosis de y a mayor tiempo de contacto el porcentaje de remoción fue evolucionando exponencialmente.

Figura 9

Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Pb con diferentes dosis de carbón activado



Nota. En la figura 9 se puede evidenciar el tiempo de contacto con respecto a la remoción del plomo teniendo en cuenta la aplicación de diferentes dosis de carbón activado de 0.5gr, 1gr, y 3gr logrando tener resultados más eficientes con la aplicación de dosis de 3gr, donde se logró remover un 96.04% de este metal que mucho mayor comparando con las otras dosis, así mismo se realizó una comparación de la remoción con el ECA categoría 3, donde se puede terminar que aplicando más dosis se puede superar este estándar de calidad del agua

Comportamiento del Cadmio

Tabla 6

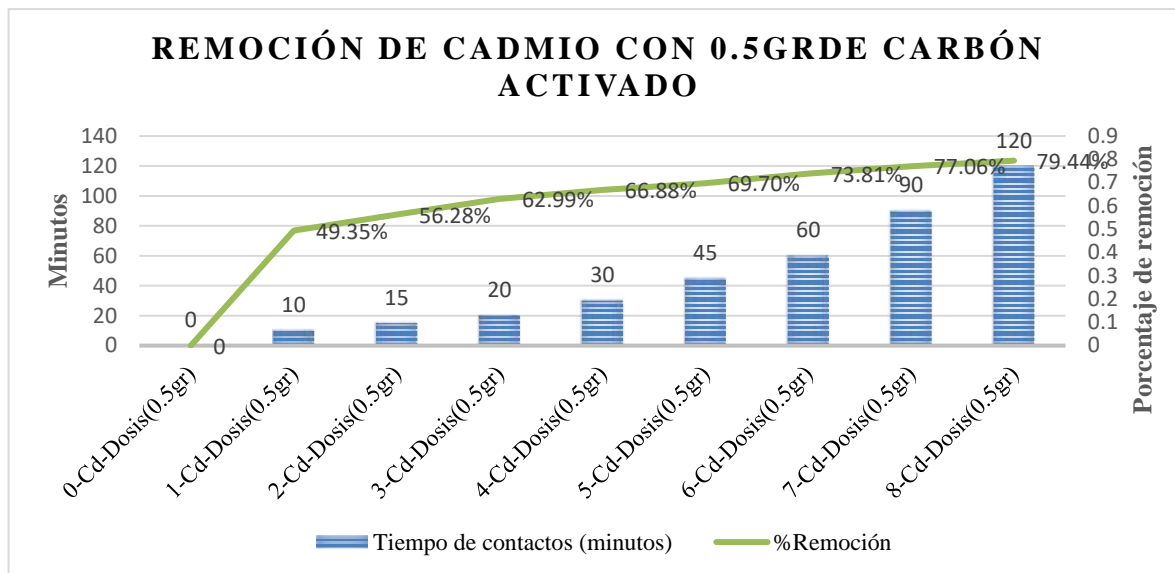
Remoción del Cadmio con 0.5gr de carbón activado de la cascarilla de arroz

Promedio de muestras	Tiempo de contactos (minutos)	%Remoción
0-Cd-Dosis(0.5gr)	0	0
1-Cd-Dosis(0.5gr)	10	49.35%
2-Cd-Dosis(0.5gr)	15	56.28%
3-Cd-Dosis(0.5gr)	20	62.99%
4-Cd-Dosis(0.5gr)	30	66.88%
5-Cd-Dosis(0.5gr)	45	69.70%
6-Cd-Dosis(0.5gr)	60	73.81%
7-Cd-Dosis(0.5gr)	90	77.06%
8-Cd-Dosis(0.5gr)	120	79.44%

Nota. En esta tabla se puede ver la dosis aplicada de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz para la remoción del Cadmio con un determinado tiempo de 120 minutos y de qué forma fue su evolución en la remoción de este metal.

Figura 10

Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Cadmio aplicando 0.5gr de carbón



Nota. En la figura 10 se puede evidenciar el comportamiento del cadmio con respecto al tiempo y porcentaje en este experimento estudiado se usos la aplicación de 0.5gr de carbón activado de remoción, determinando que en su tiempo inicial que fue 10 minutos se logró remover 49.35% de este metal y finalmente en 120 minutos se logró remover 79.44 de mencionado meta

Tabla 7

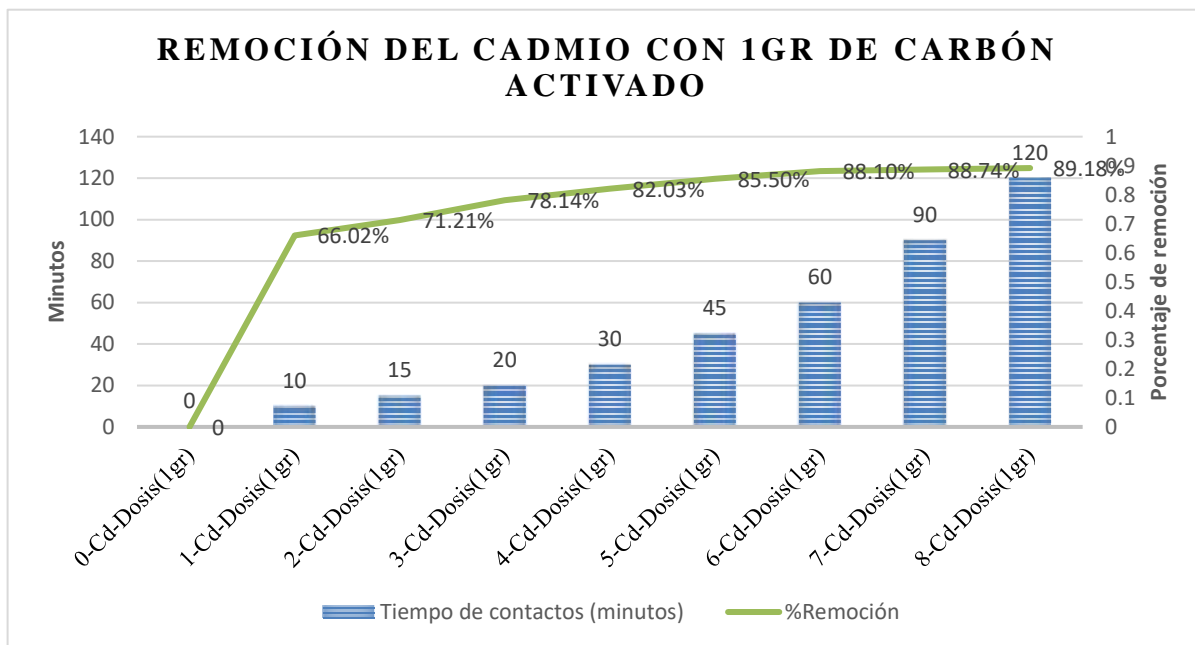
Remoción del Cadmio con 1gr de carbón activado

Promedio de muestras	Tiempo de contactos (minutos)	%Remoción
0-Cd-Dosis(1gr)	0	0
1-Cd-Dosis(1gr)	10	66.02%
2-Cd-Dosis(1gr)	15	71.21%
3-Cd-Dosis(1gr)	20	78.14%
4-Cd-Dosis(1gr)	30	82.03%
5-Cd-Dosis(1gr)	45	85.50%
6-Cd-Dosis(1gr)	60	88.10%
7-Cd-Dosis(1gr)	90	88.74%
8-Cd-Dosis(1gr)	120	89.18%

Nota. En esta tabla se muestra la dosis de 1gr de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz para la remoción del cadmio en un tiempo determinado de 120 minutos así mismo se expresa en porcentajes la cantidad removida desde el primer minuto hasta el último.

Figura 11

Tiempo de contacto con respecto a la remoción del Cadmio con dosis de 1gr de carbón



Nota. En la figura 11 se puede evidenciar que, con la dosis de 1gr de carbón activado, en su menor contacto de removi6 un 66.02% de cadmio y en su mayor tiempo de contacto removi6 un 89.18% de este metal, determinando que a mayor dosis de carb6n activado mayor ser6 el porcentaje de remoci6n.

Tabla 8

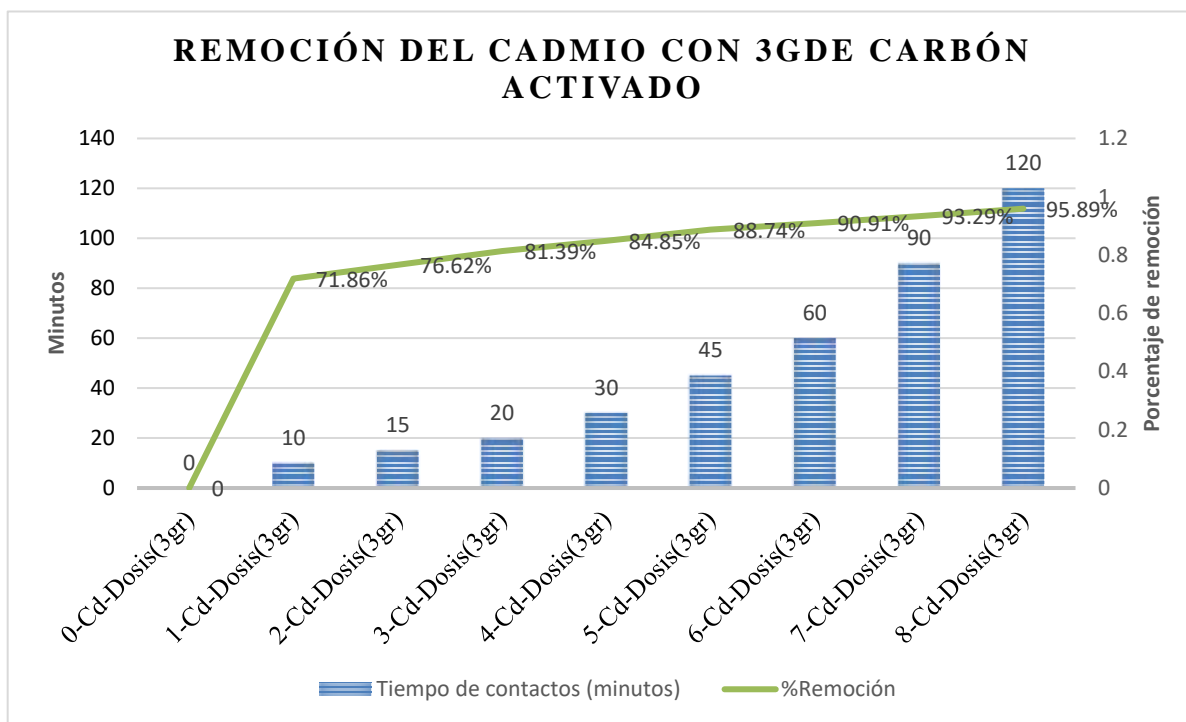
Remoción del Cadmio con 3gr de carbón activado

Promedio de muestras	Tiempo de contactos (minutos)	%Remoción
0-Cd-Dosis(3gr)	0	0
1-Cd-Dosis(3gr)	10	71.86%
2-Cd-Dosis(3gr)	15	76.62%
3-Cd-Dosis(3gr)	20	81.39%
4-Cd-Dosis(3gr)	30	84.85%
5-Cd-Dosis(3gr)	45	88.74%
6-Cd-Dosis(3gr)	60	90.91%
7-Cd-Dosis(3gr)	90	93.29%
8-Cd-Dosis(3gr)	120	95.89%

Nota. En esta tabla se muestra la dosis aplicada de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz de 3gr para la remoción del Cadmio en un transcurso de 120 minutos así mismo esta expresado en porcentajes la cantidad removida en el transcurso del pasar de los minutos.

Figura 12

Tiempo de contacto con respecto a la remoción de Cadmio con dosis de 3g



Nota. En la figura 12 se puede evidenciar que con la dosis de 3g de carbón activado, que realizo en este estudio se obtuvo que en su menor tiempo de contacto de removi6 un 71.86% de cadmio y en su mayor tiempo de contacto removi6 un 95.89% de este metal, respecto al anterior sus resultados son m6s elevados, donde para cualquier estudio que se requiera remover cadmio en agua contaminada, es necesario agregar una cantidad necesaria de carb6n activado para obtener mayor porcentaje de remoci6n.

Tabla 9

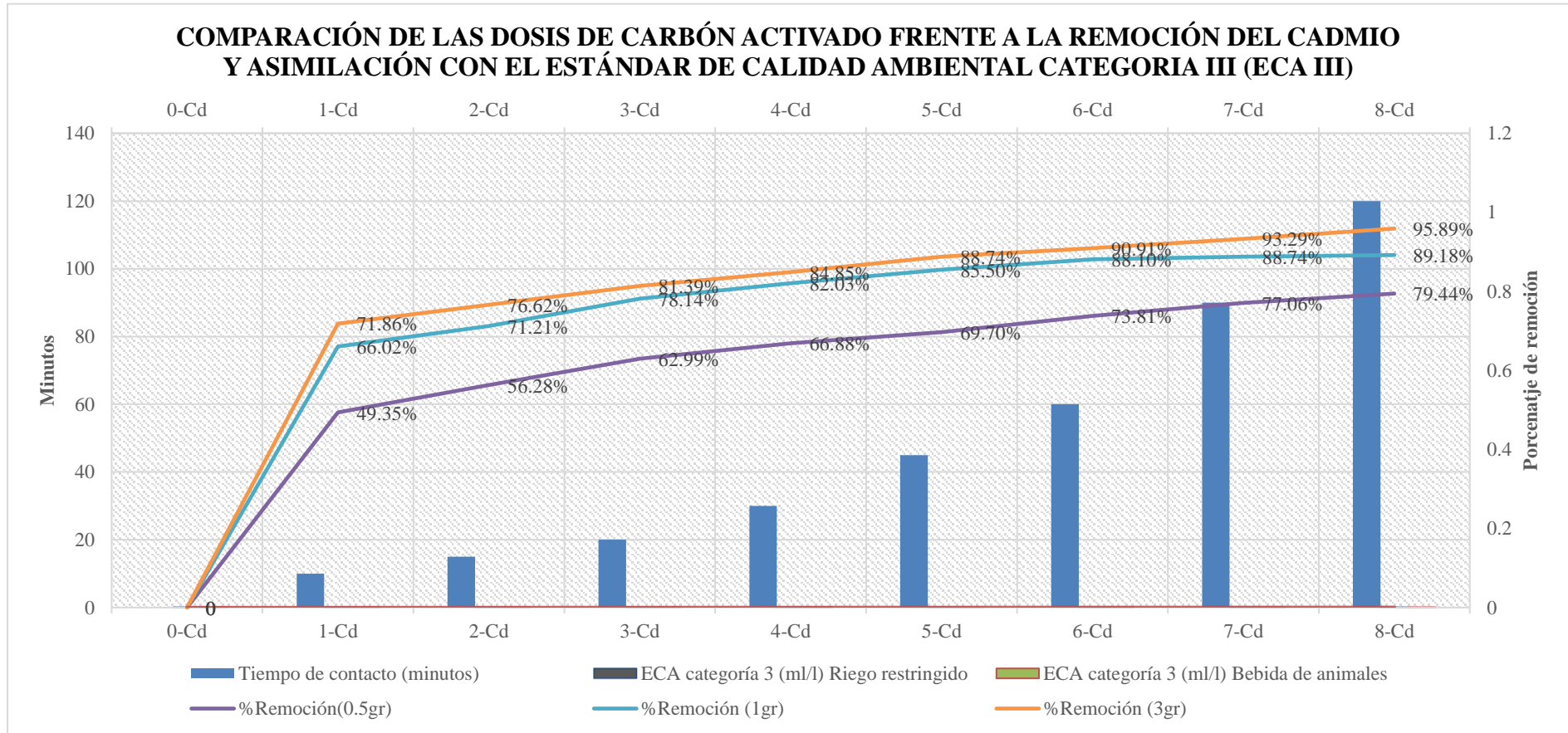
Asimilación del carbón activado en diferentes dosis frente a la remoción del Cadmio y su comparación con el ECA de categoría 3

Promedio de muestras	Tiempo de contacto (minutos)	ECA categoría 3 (ml/l) Riego restringido	ECA categoría 3 (ml/l) Bebida de animales	%Remoción(0.5gr)	%Remoción (1gr)	%Remoción (3gr)
0-Cd	0	0.01	0.05	0	0	0
1-Cd	10	0.01	0.05	49.35%	66.02%	71.86%
2-Cd	15	0.01	0.05	56.28%	71.21%	76.62%
3-Cd	20	0.01	0.05	62.99%	78.14%	81.39%
4-Cd	30	0.01	0.05	66.88%	82.03%	84.85%
5-Cd	45	0.01	0.05	69.70%	85.50%	88.74%
6-Cd	60	0.01	0.05	73.81%	88.10%	90.91%
7-Cd	90	0.01	0.05	77.06%	88.74%	93.29%
8-Cd	120	0.01	0.05	79.44%	89.18%	95.89%

Nota. En esta tabla se muestra las diferentes dosis aplicadas de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz frente a la remoción del Cadmio, se demuestra con cual dosis fue más eficaz en el transcurrir de un total de tiempo de 120 minutos, así mismo se realiza una comparación con las ECA de categoría 3 vigentes y actualizados, para determinar su eficacia y comportamiento con el cadmio.

Figura 13

Capacidad de remoción del Cadmio aplicando la cascarilla de arroz en diferentes dosis



Nota. En la figura 13 se puede evidenciar las diferentes dosis que se aplicó para la remoción del cadmio, siendo más eficiente la dosis de 0.3gr que logra remover hasta un 95.89% este metal, así mismo se realizó una comparación con los estándares de calidad ambiental actualizados en agua de categoría 3 que es para riego de cultivos y bebida de animales, obteniendo como resultado que se puede utilizar este proyecto ante una problemática de contaminación con este tipo de metal

Comportamiento del Arsénico y el Plomo

Tabla 10

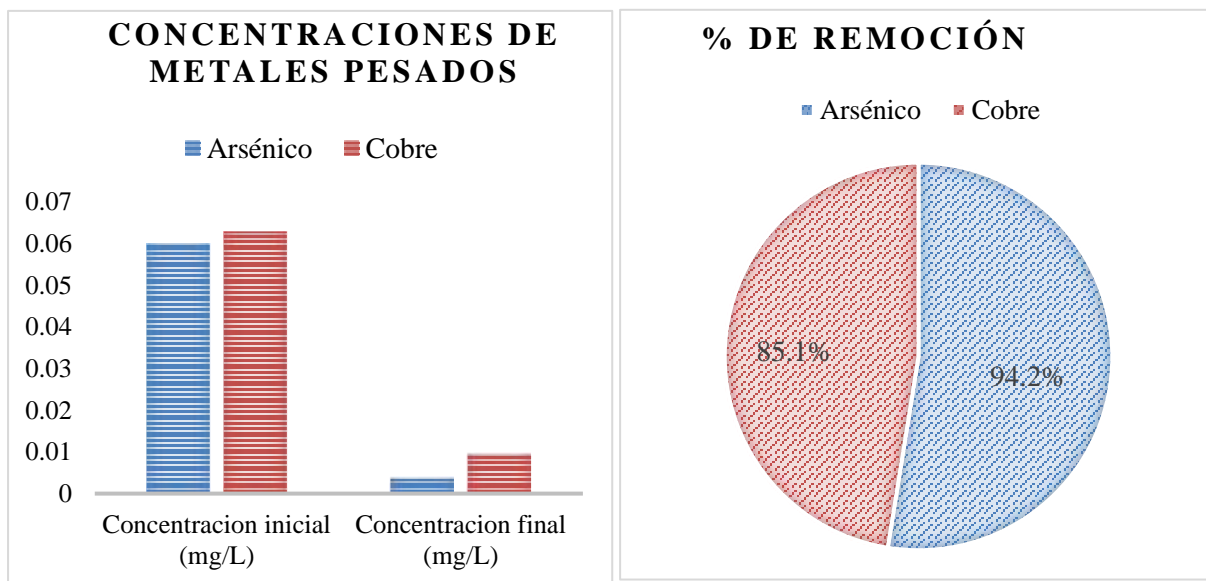
Concentración inicial y final de los metales de As y Cu y el porcentaje de remoción

Metales	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)	% de remoción
Arsénico	0.0600	0.0035	94.2
Cobre	0.0629	0.0094	85.1

Nota. En esta tabla se muestra la concentración inicial de dos metales pesados y con la aplicación del carbón activado de la cascarilla de arroz se puede evidenciar una concentración final y por consecuencia la cantidad de remoción expresado en porcentajes.

Figura 14

Remoción del Cobre y el Arsénico



Nota. En la figura 14 se puede evidenciar las diferencias de las concentraciones iniciales y finales en el proceso de remoción, donde el cobre aplicando este proceso se logró remover un 94.2% mientras que en el arsénico se logró remover un 85.1%, podemos deducir que si se hubiera encontrado menos concentración de metales el porcentaje de remoción sería más elevado, también se puede mencionar en este estudio, que la cascarilla de arroz actúa mejor con el arsénico.

Comportamiento del Hierro

Tabla 11

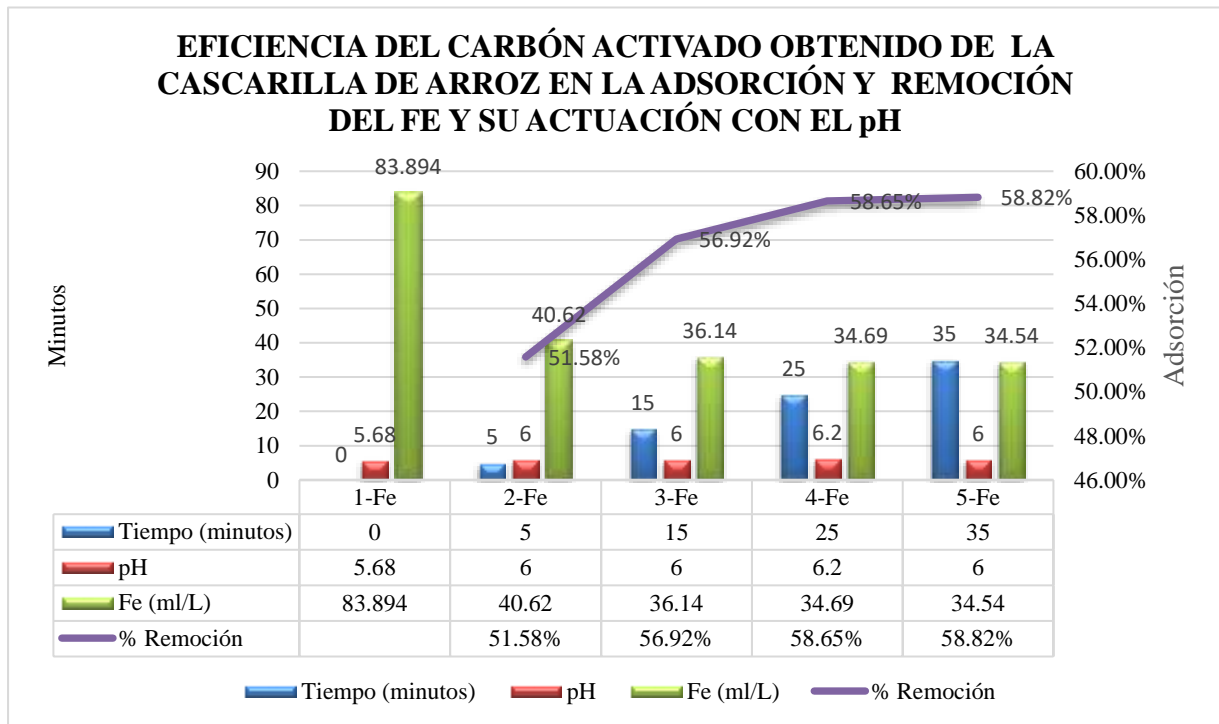
Remoción del Hierro con la aplicación de 2gr de carbón activado

Muestra	Tiempo (minutos)	pH	Fe (ml/L)	% Remoción
1-Fe	0	5.68	83.894	
2-Fe	5	6.0	40.62	51.58 %
3-Fe	15	6.0	36.14	56.92 %
4-Fe	25	6.2	34.69	58.65 %
5-Fe	35	6.0	34.54	58.82 %

Nota. En esta tala se demuestra el comportamiento que tuvo el hierro con la aplicación de 2gr de carbón activado en el transcurrir de un tiempo de 35 minutos, así mismo su concentración inicial de este metal y después de ser sometido al tratamiento, de la misma forma el porcentaje de remoción que fue aumentando exponencialmente, y por último también influyó en el pH donde inicialmente es ácido y con el método dado este se proyecta a ser neutro.

Figura 15

Remoción del hierro respecto al tiempo de contacto



Nota. En la gráfica 15 se puede observar la concentración inicial del Hierro que es 83.894ml/L y como ha ido disminuyendo con la actuación del carbón activado de la cascarilla de arroz llegando hasta 34.54 de concentración, logrando remover en 35 minutos 58.82% de este metal, de la misma forma su actuación también fue con el pH ya que inicialmente era 5.68 y subió hasta 6 próximo a ser neutro. En este estudio solo se dejó actuar por 35 minutos dando resultados eficientes, pero si se le dejara actuar más tiempo el porcentaje de remoción sería mayor y el pH podría llegar o estar próximo al rango establecido.

Comportamiento del Cobre

Tabla 12

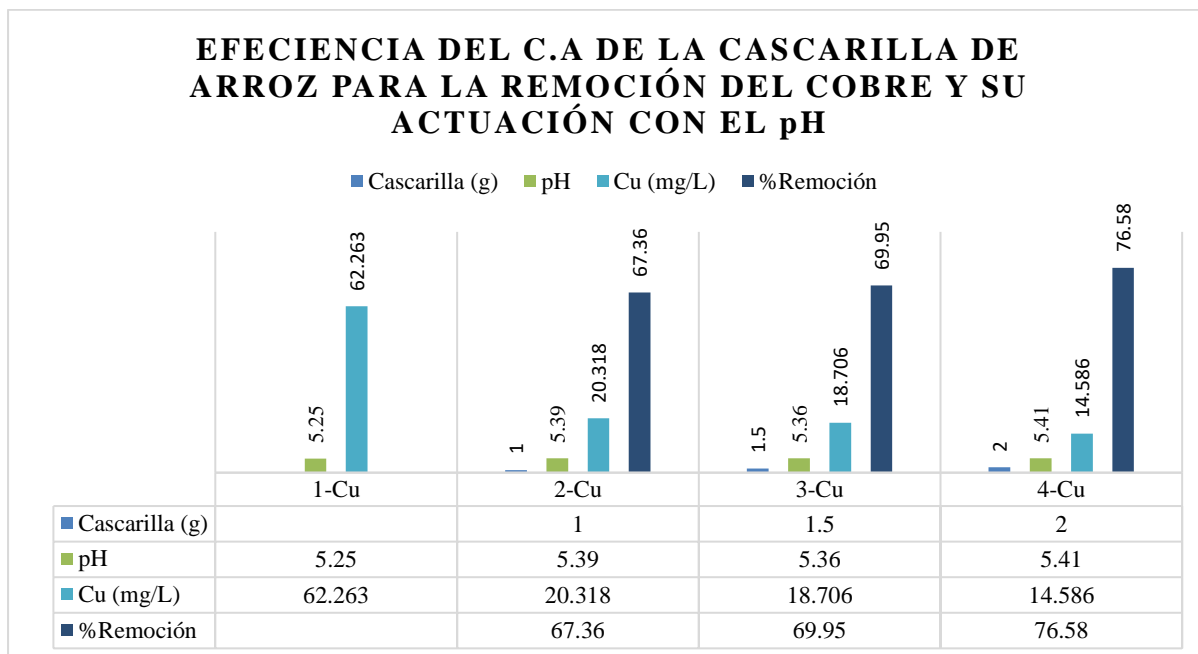
Remoción del Cobre con la aplicación de 1gr, 1.5gr y 2gr de carbón activado

Muestra	Cascarilla (gr)	pH	Cu (mg/L)	%Remoción
1-Cu		5.25	62.263	
2-Cu	1.0	5.39	20.318	67.36
3-Cu	1.5	5.36	18.706	69.95
4-Cu	2.0	5.41	14.586	76.58

Nota. En esta tabla se muestra como fue el comportamiento del cobre frente a la aplicación de la cascarilla de arroz en diferentes dosis, así mismo la concentración inicial y la concentración luego del tratamiento, por último, la influencia que tuvo este método con el pH.

Figura 16

Resultados de remoción del cobre y su actuación con el pH



Nota. En la gráfica 16 se puede observar la concentración inicial del Cobre, y como ha ido disminuyendo con el tratamiento del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz, siendo en su concentración inicial 62.263 mg/L y disminuyendo hasta un 14.586 mg/L, En este análisis podemos indicar que para tener un mayor porcentaje de remoción de este metal, va a depender de la cantidad de dosis del carbón activado que sea suministrado, al mismo tiempo ayudara que el valor de pH sea más próximo al rango establecido.

Comportamiento del plomo

Tabla 13

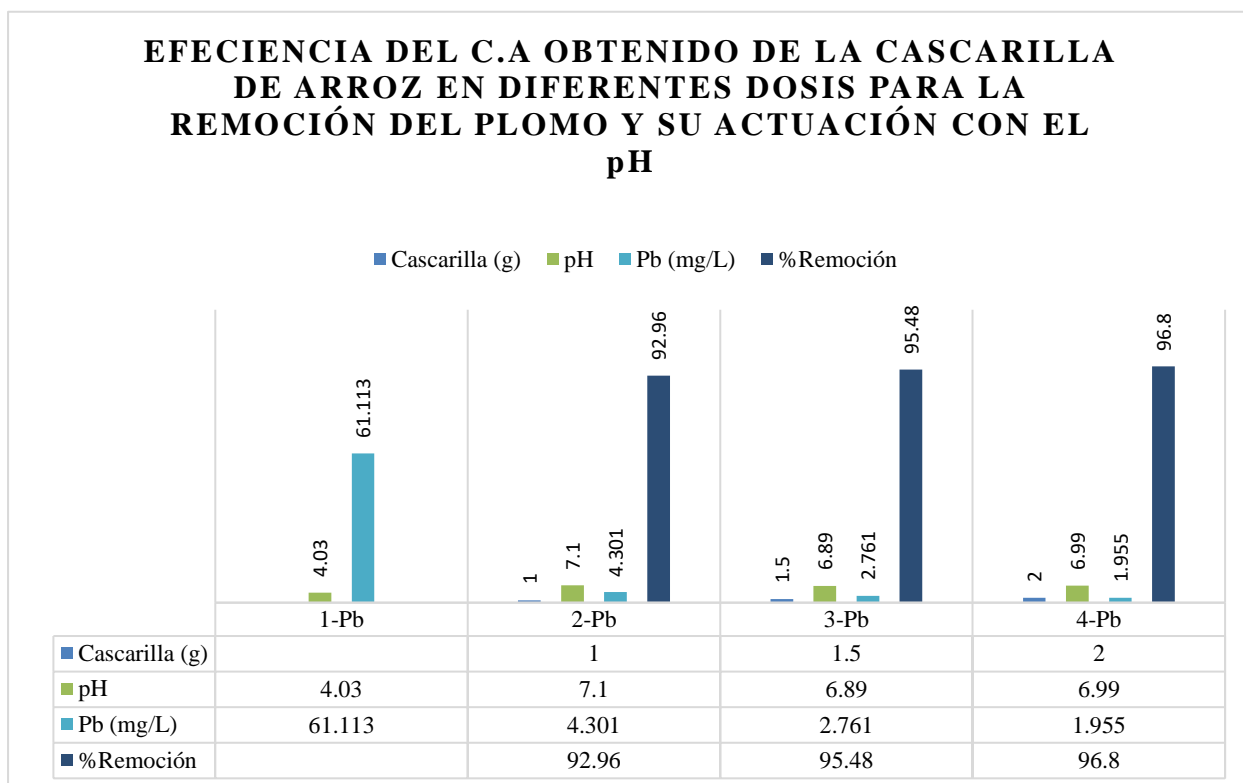
Remoción del Plomo con la aplicación de 1gr, 1.5gr, y 2gr de carbón activado

Muestra	Cascarilla (gr)	pH	Pb (mg/L)	%Remoción
1-Pb		4.03	61.113	
2-Pb	1.0	7.1	4.301	92.96
3-Pb	1.5	6.89	2.761	95.48
4-Pb	2.0	6.99	1.955	96.80

Nota. En esta tabla se muestra la cantidad de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz aplicado en diferentes dosis, también su comportamiento inicial del plomo y como fue cambiando con el tratamiento, por último, su porcentaje de remoción obtenido por la dosis aplicada.

Figura 17

Resultados de remoción del plomo y su actuación con el pH



Nota. En la gráfica 17 se puede observar la concentración inicial del Plomo, y como ha ido disminuyendo con el tratamiento del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz, siendo en su concentración inicial 61.113 m/L y disminuyendo hasta un 1.955 ml/L, esto también tiene mucho que ver con la dosis de carbón activado que sea agregada, en este estudio está muy cerca al llegar al 100% de remoción, si se le hubiera agregado un poco más de carbón activado, tendría la posibilidad de llegar a remover por completo el metal, asimismo en los valores de pH estaría o llegaría al rango normal.

Comportamiento del Zinc

Tabla 14

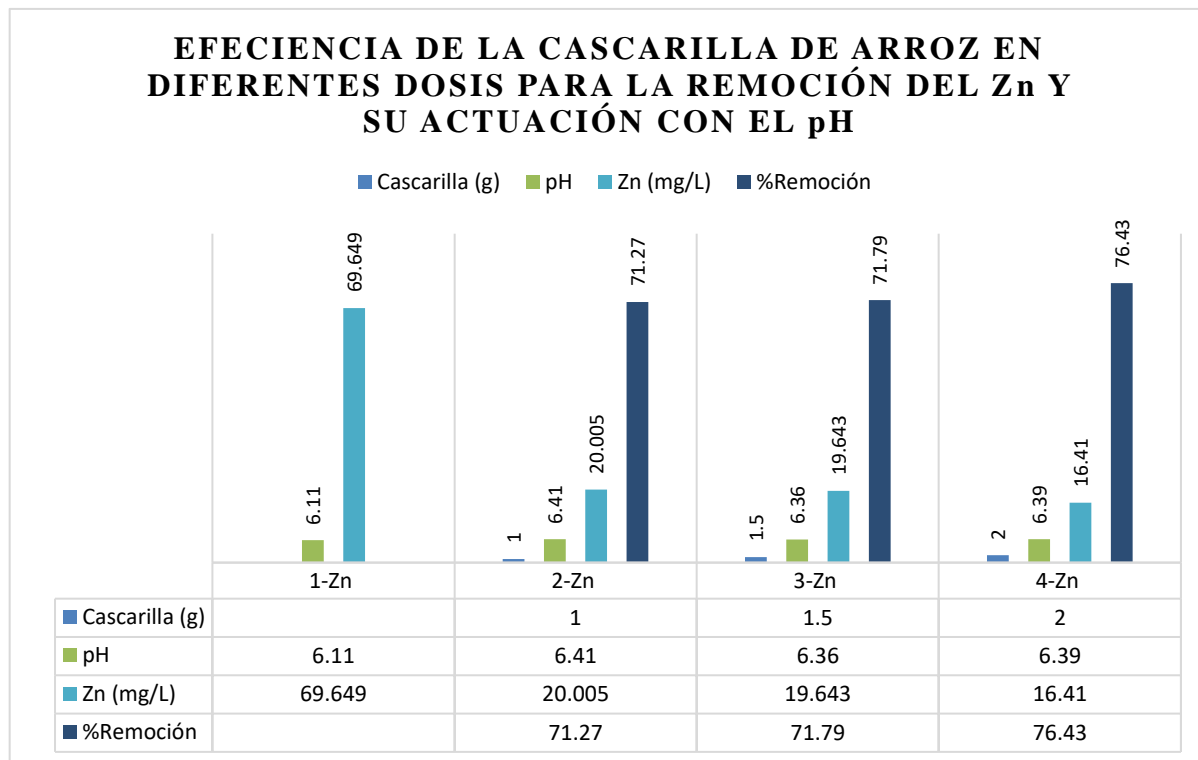
Remoción del Zinc con la aplicación de 1gr, 1.5gr, y 2gr de carbón activado

Muestra	Cascarilla (gr)	pH	Zn (mg/L)	%Remoción
1-Zn		6.11	69.649	
2-Zn	1.0	6.41	20.005	71.27
3-Zn	1.5	6.36	19.643	71.79
4-Zn	2.0	6.39	16.410	76.43

Nota. En esta tabla se muestra las dosis aplicadas de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz para el zinc en diferentes dosis, por consecuente también se demuestra la concentración inicial de este metal y como fue cambiando con el tiempo de contacto, así mismo los resultados se expresan en porcentajes, por último, también se hace referencia a como fue evolucionando el pH

Figura 18

Resultados de la remoción del Zn y su actuación frente al pH



Nota. En la gráfica 18 se puede observar la concentración inicial del Zinc que 69.649 mg/L y como ha ido bajando con hasta 16.41mg/L de este metal se evidencia la actuación en la cascarilla de arroz y también se puede terminar que a mayor dosis de carbón activado será mucho mayor la remoción de este metal, así mismo también se puede evidenciar la actuación que tiene con el pH del agua.

Tabla 15

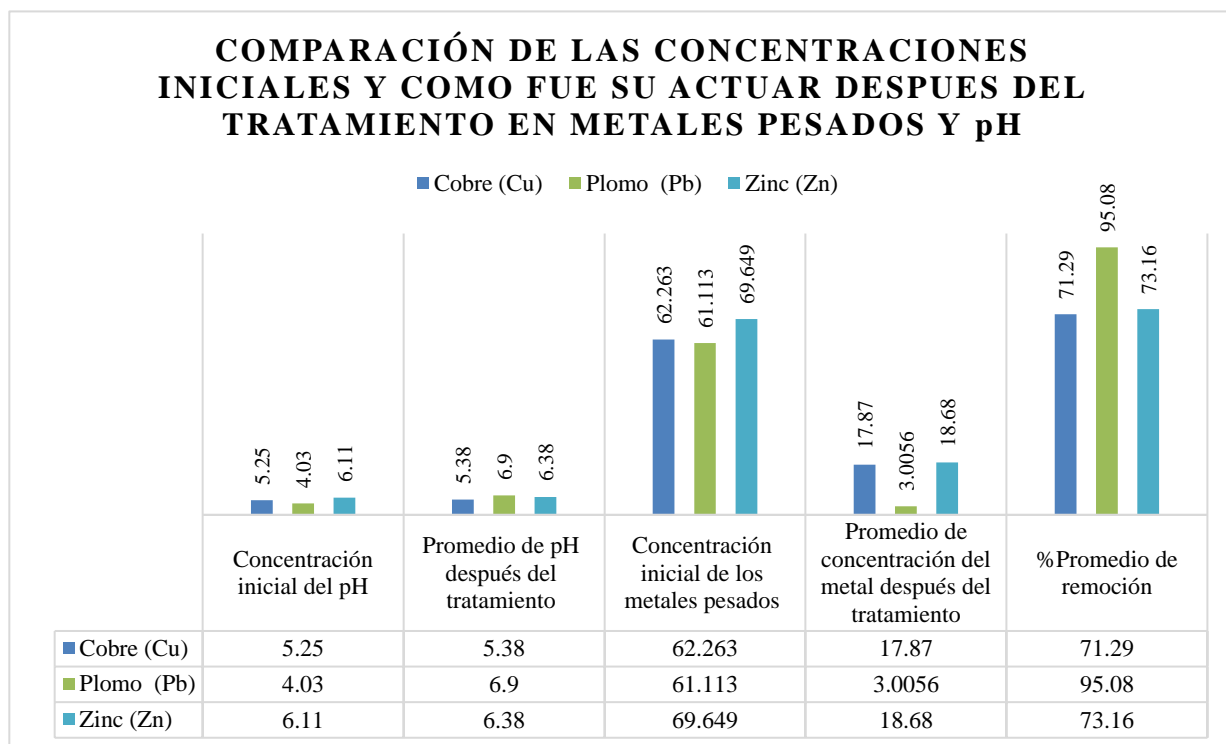
Comparación de las concentraciones iniciales de metales pesados y después del tratamiento

Metales pesados	Concentración inicial del pH	Promedio de pH después del tratamiento	Concentración inicial de los metales pesados	Promedio de concentración del metal después del tratamiento	%Promedio de remoción
Cobre (Cu)	5.25	5.38	62.263	17.87	71.29
Plomo (Pb)	4.03	6.9	61.113	3.0056	95.08
Zinc (Zn)	6.11	6.38	69.649	18.68	73.16

Nota. En esta tabla se muestran los resultados de tres metales pesados, se expresa su concentración inicial y final de cada uno de ellos aplicando el tratamiento del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz, así mismo el porcentaje de remoción de cada uno, y por último la actuación de este método con el pH.

Figura 19

Concentraciones iniciales y después del tratamiento



Nota. En la gráfica 19 se puede evidenciar las comparaciones realizadas de la concentración inicial en tres metales y como fue disminuyendo después del tratamiento de aplicación de la cascarilla de arroz, podemos aludir según este estudio que la cascarilla de arroz más eficiente en la remoción de plomo que removi6 hasta un 95.08%, de igual forma fue su actuar en el pH en los otros dos metales también funciona, pero es más eficaz con el plomo. Donde es necesario hacer este análisis donde el agua esté contaminada por plomo, ya que se podrá obtener buenos resultados porque ya se sabe que la cascarilla de arroz, reacciona muy bien con dicho metal.

Comportamiento del Cromo

Tabla 16

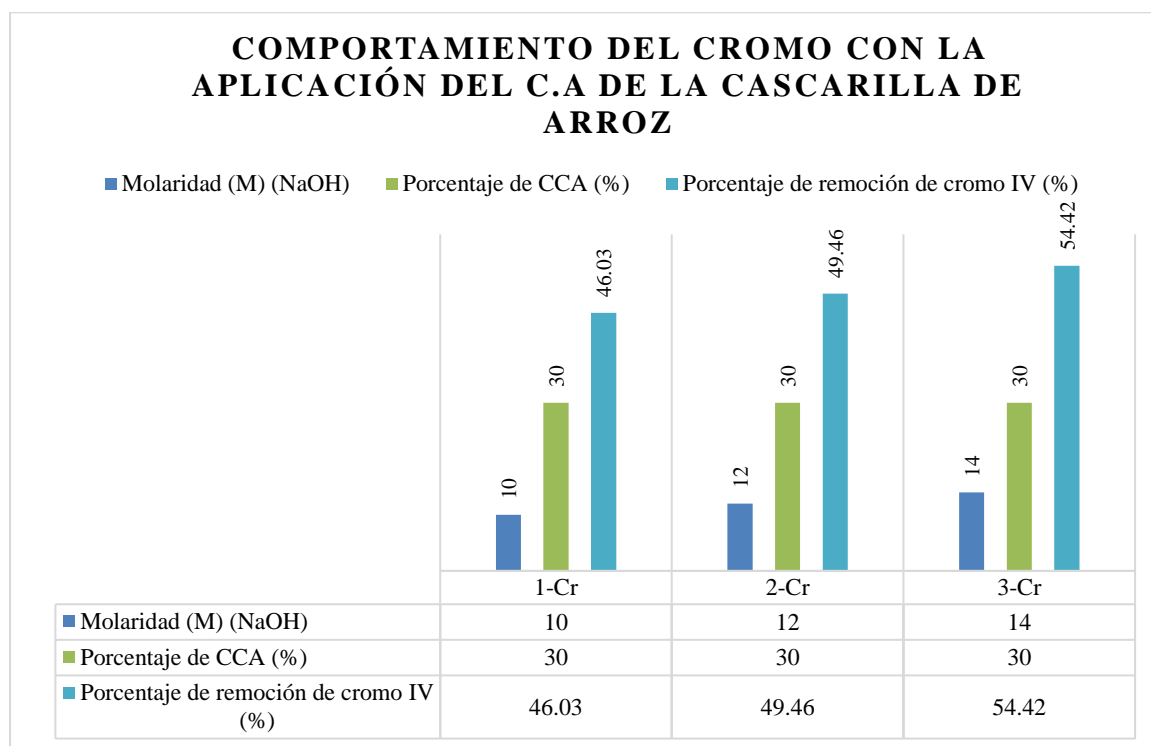
Porcentaje de remoción del cromo VI con la aplicación de la cascarilla de arroz

Muestra	Molaridad (M) (NaOH)	Porcentaje de CCA (%)	Porcentaje de remoción de cromo IV (%)
1-Cr	10	30	46.03
2-Cr	12	30	49.46
3-Cr	14	30	54.42

Nota. En esta tabla se muestra el comportamiento del cromo frente a la aplicación de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz (CCA), para lo cual se realizaron 3 pruebas, y los resultados obtenidos están expresados en porcentajes.

Figura 20

Remoción del cromo frente a la aplicación de la cascarilla de arroz



Nota. En la figura 20 se observa las cantidades molares de 10,12 y 14 quienes fueron los moles de activación con NaOH, que fueron agregados con un porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, ambos tuvieron la concentración de 30%, dando como resultado el porcentaje en la remoción del cromo. Donde se afirma que a mayor concentración de moles usando a NaOH como activador, en un porcentaje de 30% mayor será la capacidad de remoción de cromo. También se puede señalar que, si en este estudio la cantidad de moles de activación hubiera sido más de lo establecido, se hubiera tenido un porcentaje mayor de remoción de cromo.

Tabla 17

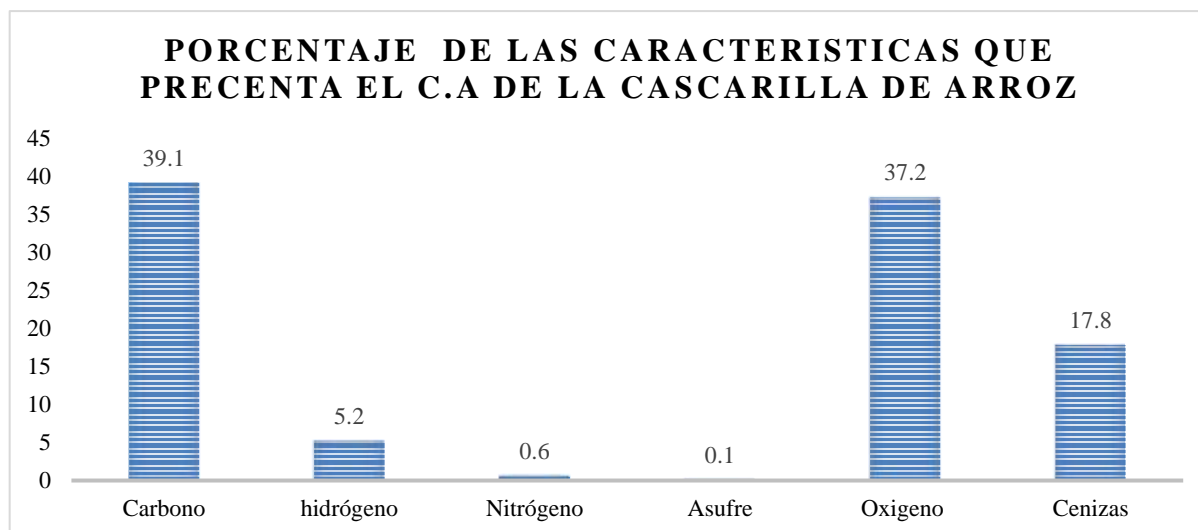
Características presentes en la cascarilla de arroz

Elementos	Porcentaje
Carbono	39.1
Hidrógeno	5.2
Nitrógeno	0.6
Azufre	0.1
Oxígeno	37.2
Cenizas	17.8

Nota. En esta tabla se muestran las características que presenta la cascarilla de arroz y cada uno de los componentes esta expresado en porcentajes, siendo el carbono de mayor categoría, y demostrando la eficiencia para convertir este insumo en carbón activado.

Figura 21

Características químicas presentes en la cascarilla de arroz



Nota. En la gráfica 21 se puede observar las características que poseen la cascarilla de arroz y de qué forma influye esto en la remoción de metales pesados, lo que más predomina es el carbón por lo cual se puede determinar que la cascarilla de arroz como fuente para la elaboración de carbón activado es un precursor muy eficiente y por consecuencia va actuar de manera eficiente en la remoción de metales pesados.

Tabla 18

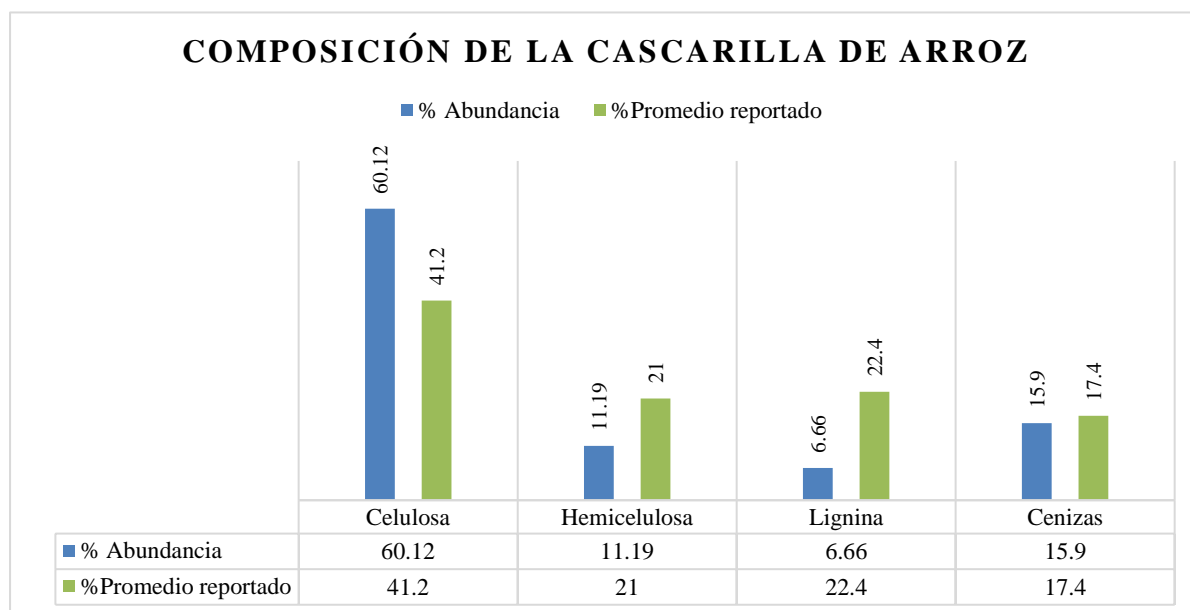
Composición de la cascarilla de arroz

Componente	% Abundancia	%Promedio reportado
Celulosa	60.12	41.20
Hemicelulosa	11.19	21.00
Lignina	6.66	22.40
Cenizas	15.90	17.40

Nota. En esta tabla se muestran la composición química de la cascarilla de arroz, así mismo su porcentaje de abundancia de cada uno de los componentes que lo conforman, y por último un promedio reportado, determinado que la celulosa es el más representativo demostrado que es esencial para la remoción de metales pesados.

Figura 22

Composición de la cascarilla de arroz



Nota. En la figura 22 se puede observar la composición general de la cascarilla de arroz, donde se puede evidenciar gran proporción de celulosa según los autores (Doria , Valencia , Hormaza, & Gallego , 2016, pág. 44), le atribuyen la capacidad de remoción de la cascarilla de arroz a los compuestos lignocelulósicos que posee, para la remoción de diversos metales.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En esta investigación con el objetivo de comprobar la eficiencia del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz usado como medio adsorbente para la remoción de metales pesados, como por ejemplo el plomo, arsénico, cobre, cadmio, hierro, zinc y cromo, cuyos estos se representan como una peligrosidad para los ecosistemas naturales y por el mismo acto para la población ya que un cierto porcentaje de esta desarrolla sus actividades agrícolas y económicas con los recursos naturales que le proporciona el ecosistema, lo cual esto se ve influenciado por la presencia de mencionados metales. Tal es el caso de la región cajamarquina donde Afan y Flores (2017), mencionan que en este departamento las actividades extractivas pasadas de minerales en la provincia de Hualgayoc, han dejado más de 1250 pasivos ambientales mineros. Por otro lado, Sánchez et al.(2015), mencionan que con agua y suelo contaminados, genera temor a la población, ya que el espacio físico que posibilita su desarrollo les puede ocasionar problemas de salud e impedir que sigan desarrollando sus actividades agropecuarias (p.50).

Por lo expuesto anteriormente en este estudio también se estudia las características químicas del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz que hacen posible la adsorción de metales pesados y su remoción, para lo cual (Cavero, 2020, p. 19), menciona que este posee una densidad aparente con un valor de 0.73 g/ml, contenido de humedad un 6.62%, contenido de ceniza 45.97%, tamaño de partícula 200.00 μ m, área superficial 272.50 m²/g, acidez superficial 0.10mEq/gry basicidad superficial con un 0.45mEq/g. Así mismo según (Alemán, 2012, p. 25), los constituyentes principales de la cáscara de arroz son la lignina, celulosa y hemicelulosa, estos porcentajes varían dependiendo de las condiciones geográficas y climáticas como también a los fertilizantes utilizados durante el crecimiento arrozal.

Considerando lo dicho anteriormente esta investigación es de carácter no experimental, el estudio básicamente está enfocado en realizar una revisión documental de bases de datos como el Ebscco, ProQues, y Google académico, logrando comprender como muestra la inclusión de 5 estudios relacionados al tema desarrollado, para lo cual estos estudios detallan resultados eficientes.

Tal es el caso del estudio de Guevara (2018), en donde este considera que a mayor dosis de carbón activado y mayor tiempo de contacto brinda mayor eficiencia en la adsorción del plomo y del cadmio, ya que a una concentración de 0.030 mg/L de plomo, aplicando 3 gramos de carbón activado representa una reducción de 96.04%. Así mismo para el cadmio en una concentración de 0.025 ml/L aplicando 3 gramos de carbón activado presenta una reducción de 95.89%, resultados de reducción para ambos metales con respecto a su concentración inicial, (p.61). Determinando que el carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz puede ser un método eficiente y sostenible para afrontar los diversos problemas de contaminación de agua por metales pesados que tenemos hoy en día.

Así mismo en el estudio de Alcántara (2018), trabajan con metales como el cobre, plomo, zinc, y hierro son metales pesados presentes en aguas procedentes de la minería formal de Cerro de Pasco, en este estudio no solo utilizan la cascarilla de arroz sino también dispersiones de jabón de 90 ml a 110 ml, la extracción de metales pesados oscilan en el rango de 95% a 99% cuando hay mezclas de varios metales pesados cuyas concentraciones están en el rango de 13 mg/L a 114 mg/L y las cantidades de cascarilla de arroz fluctúan entre 2,0gr a 3,25g, alcanzando un pH de 6,0 – 7,5. Además en este estudio se recuperan significativos volúmenes de agua pues esto se genera cuando los metales pesados no superan los 120 mg/L, pues por cada 100 ml de muestra tratada se puede recuperar entre un 70% y 90% de agua contaminada (p. 77), la cual está según los Estándares de calidad ambiental ya son de categoría 3 en lo que respecta para su uso en agricultura o bebida de animales.

De la misma manera (Navarrete et al., 2014), donde se aplicó el carbón activado, así como para otros estudios con dosis de 1gr 1,5gr y 2gr donde se muestra una vez más el mayor porcentaje de remoción con la dosis aplicada más alta expresado en 76.58% de cobre removido. De la misma forma fue para el Hierro en un estudio realizado por el mismo autor del cobre donde también se aplicó dosis diferentes y se demostró su mayor eficiencia con la dosis mayoritaria logrando remover 58.2% de este metal, otro metal que se aplicó esta metodología para su remoción fue el Zinc, donde de la misma forma se aplicó dosis diferentes y se logró remover 76.43% de este metal.

En otro estudio realizado por (Cavero et al., 2020, pág. 42), también se logró remover 54.42% de este metal (p.108). Finalmente, también se pudo evidenciar su capacidad de remoción del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz, en el cromo, donde en un estudio realizado por, (Doria et al., 2016), aplicando este método se pudo determinar que es eficaz se logró remover el 90% de este metal.

Estos resultados ya mencionados tienen el respaldo de otros autores tal es el caso de Choquejahuá (2018), en Puno Juliaca, en su tesis realizada tuvo como objetivo evaluar la remoción de arsénico y cromo en medio acuoso a través de la bioadsorción con biomásas de granos de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y avena (*Avena sativa L.*) donde los resultados obtenidos muestran que ambas biomásas presentan la capacidad de remoción, mayores al 50%. De la misma manera el autor Manrique (2013), en la ciudad de Arequipa Perú, en su artículo de investigación, tuvo como objetivo “realizar la optimización simple y dual del proceso productivo del carbón activado de la cascarilla de arroz, con los agentes de activación química como es el hidróxido de potasio y ácido fosfórico; y comprobar su capacidad para adsorber metales contaminantes como el cromo (VI)”. Obteniendo resultados de adsorción de este metal frente a la aplicación del carbón activado de cascarilla de arroz preparado en el estudio experimental realizado, siguió una cinética de pseudo-segundo orden y un ajuste al modelo de

la isoterma de Langmuir, siendo la capacidad de adsorción de 52.57 mg/g y 78.85 mg/g para el carbón activado preparado con hidróxido de potasio y ácido fosfórico respectivamente (p.157)

Basandose en los resultados obtenidos podemos determinar que este metodo es muy eficiente para la remediación de recursos hidricos contaminados ya que este es un problema de gran magnitud que se ha originado en los ultimos tiempos y los tratamientos convencionales son de fuerte categoria economica concentrandose en este aspecto , se puede establecer la eficiencia del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz para la remoción de metales pesados ya mencionados que tienen efectos negativos para el ambiente y la salud de la población, . ante esto se determina que un proyecto de esta categoria si es viable en nuestro pais ya que Perú es uno de los paises latinoamericanos con gran producción de arroz, por consecuente se obtiene la cascarilla de arroz, pero en su gran mayoría no le dan importancia a este insumo, ya que brindandole un valor agregado se puede obtener el carbón activado de este insumo ya que es muy esencial para remediar aguas contaminadas de una forma sostenible y sustentable ante tanta problemática de contaminación de recursos hidricos que tenemos por el excesos de metales provenientes en su gran mayoría de las fuentes antropogenicas.

4.2. Conclusiones

En este estudio se comprobó la eficiencia que tiene el carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz y utilizado como medio adsorbente para la remoción de metales pesados de efluentes industriales, llegando a tener resultados eficientes, tal es el caso del plomo que removió un (96.80%), cadmio (96.04%), arsénico, (95.89%), cromo (90.00%), cobre (76,58%), zinc(76.43%) y en menor escala está el hierro con un (58.02%), donde se terminó que la remoción de mencionados metales dependió tanto de la concentración de carbón activado y el tiempo de contacto, así mismo del metal pesado, ya que con todos no se obtuvo el mismo porcentaje de remoción como es descrito anteriormente, por otro lado se determinó que a mayor dosis de carbón activado mayor será la eficiencia del porcentaje de remoción.

Se llegó a comprobar la gran capacidad que tiene el carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz para la remoción del plomo, arsénico, cobre, cadmio, zinc y cromo, donde se evidenció que el mayor porcentaje de remoción de los metales estudiados, fue más eficiente con el plomo ya que removió un 96.80% a diferencia de los otros metales estudiados que su capacidad de remoción es de menor proporción, así mismo se determinó que este proceso para remover metales pesados es sostenible ya que se está dando un valor agregado a la cascarilla de arroz para afrontar este gran problema de efluentes industriales que en su mayoría contienen metales pesados los cuales son muy dañinos para el ambiente y el desarrollo de las comunidades.

Se analizó las características estructurales que tiene la cascarilla de arroz y de qué manera influye en la remoción del plomo, arsénico, cobre, cadmio, zinc y cromo presentes en el agua, donde se determinó la composición de celulosa promedio de

61.12% esto atribuye a la capacidad de remoción de la cascarilla de arroz a los compuestos lignocelulósicos que es esencial para la remoción de metales pesados. Por ende, se determinó que en Perú este método sería muy viable ante una problemática de contaminación por metales pesados en el agua ya que este país es un gran productor de arroz y por consecuente se obtiene la cascarilla, solo queda brindarle un valor agregado a este insumo y convertirlo en carbón activado y usarlo como medio adsorbente para la remoción de metales ya mencionados.

REFERENCIAS

- Afan , K., & Flores , V. E. (2017). Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017. *Universidad Privada Norbert Wiener*, 13-31. Obtenido de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/xmlui/handle/123456789/1853>
- Alcántara, D. A. (2018). Metodo integrado de remediación para la disminución de la concentración de metales pesados de aguas residuales de actividad minera de la sierra central 2018. *Universidad nacional Federico Villareal*, 60-85. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4112>
- Alemán, A. L. (2012). Evaluación de la esterificación sobre cascarilla de arroz como estrategia para incrementar la capacidad de remoción del colorante rojo básico 46. *Universidad Nacional de Colombia*, 25. doi:https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9832/15679816_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anzola, H. J. (21 de Julio de 2021). *Contexto ganadero*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/agricultura/conozca-otros-usos-que-se-le-pueden-dar-la-cascara-de-arroz>
- Apaza, E., & Condori, M. (2018). Obtencion del carbón activado apartir de la cascarilla de arroz (oryza sativa) modificado quimicamente para la remoción de plomo y arsénico presentes en el agua. *Universidad Mayor de San Andrés*, 8-9. Obtenido de <file:///C:/Users/elmer/Downloads/PG-2186.pdf>
- Calva, L. G., & Torres, M. d. (2003). Metales pesados y su efecto en el organismo. *Laboratorio de ecosistemas costeros*, 33-34. Obtenido de <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n51ne/metales.pdf>
- Cavero, M. S. (2020). Influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz y la concentración del activador alcalino sobre la remoción de iones cromo de filtros geopoliméricos basados en metacaolín. *Universidad nacional de Trujillo*, 39-55. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/16004/Cavero%20Torres%2C%20Mar%C3%ADa%20Susana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Choquejahua, Y. (2018). Evaluación de la remoción de arsénico en medio acuoso a través de la bioadsorción con biomásas de granos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y avena (*Avena sativa* L.) bajo condiciones altoandinas - Puno,2018. *Universidad Peruana Union*, 1-13. Obtenido de

https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1689/Yesica_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cordova , A. (2018). *Perú: afectados por contaminación de metales pesados en su sangre exigen atención del estado*. Obtenido de <https://www.france24.com/es/20190215-peru-metales-sangre-comunidades-Glencore>

Covarrubias, S., & Juan José, J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33, 7-21. doi:10.20937/RICA.2017.33.esp01.01

Doria , G., Valencia , C., Hormaza, A., & Gallego , D. (2016). Estudio preliminar de la cascarilla de arroz modificada y su efecto en la adsorción de Cr(VI) en solución. *Producción + Limpia*, 11(1), 103-116. doi:10.22507/pml.v11n1a10

Flores, H. H. (2016). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera. *Universidad de Cajamarca*, 3(24), 2-92. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1299/TESIS%20HERNAN%20post%20privada%202%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guerra, K. P. (2018). Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas y su impacto en cultivos de arroz - Marona 2017. *Universidad Nacional de San Martín*, 1-20. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3291/AMBIENTAL%20-%20Karen%20Patricia%20Guerra%20Alva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guevara, A. (2018). Bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en las aguas de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín 2018. *Universidad Cesar Vallejo*, 100 - 116. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/42846>

Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista , M. d. (2014). *Metodología de la investigación, sexta edición*. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Herrera , G. D., Hormaza, A., & Gallego, D. (2011). Cascarilla de arroz: material alternativo. *Universidad Nacional de Colombia*, 74-76. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169422215006.pdf>

Izquierdo, J. L., & Verástegui, S. (2017). Concentracion de metales pesados (As, Cd, Cr, Hgry Pb) en el agua de la cuenca baja del rio jequetepeque, en relacion a los estándares de calidad del agua - categoria 3, Cajamarca 2016. *Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo*, 1-7. Obtenido de <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/213/TESIS%20100%25%200.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Llanos, O., Ríos, A., Jaramillo, C. A., & Rodríguez, L. F. (2016). La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación. *Producción + Limpia*, 11(2), 150-160.
doi:https://www.researchgate.net/publication/313454708_La_cascarilla_de_arroz_como_una_alternativa_en_procesos_de_descontaminacion
- Mancera, N. J., & Álvarez, R. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 6-8. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028578001.pdf>
- Manrique , P. L. (2013). *Universidad Católica de Santa María*, 3-25. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/4312/42.0099.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Medina , M., Robles , P., Monica , M., & Celeste , T. (2018). Ingesta de arsénico impacto en la alimentación y la salud humana. *Perú Med exp salud publica*, 93 - 102. doi:10.17843/rpmesp.2018.351.3604
- Morales , J., Fuentes , J., Bax, V., & Matta, H. (2018). Niveles de plomo sanguíneo de un distrito del Callao. *Archivos de farmacología y terapéutica*, 37(2), 10. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=4&sid=eba52d7a-117b-42a6-9804-89183c80a540%40sessionmgr4006&bdata=JmF1dGh0eXBIPXNoaWImbGFuZz1lcyZzaXRIPWVkey1saXZl#AN=130892378&db=edb>
- Nava , C., & Méndez, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio,plomo, arsénico y talio). *Artículo de revisión*, 143-144. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>
- Navarrete , D. F., Quijano, N. R., & Vélez, C. D. (2014). Elaboración del carbon activado a partir de materiales no con convencionales, para ser usado como medio filtrante. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29845/1/D-70080.pdf>
- Obregón , R. D. (2019). Eficiencia del carbón activado de cascara de maracuyá y endocorpio de durazno en la remoción de nitratos y fósforo total de purín, vegeta Huaura. *Universidad Católica Sedes Sapientiae*, 9-10. Obtenido de http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/707/Obregon_Rosangelica_tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Opazo, P. (27 de Agosto de 2020). *Nacion farma*. Obtenido de <https://nacionfarma.com/metales-pesados-y-sus-efectos-en-la-salud/>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una poblacion de estudio. *Int.J.Morphol*, 174-175. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

- Pinazo, M. V. (2017). Comparación de tres sistemas de transplante manual de arroz (*oryza sativa* L.), en el valle jequetepeque. *Universidad Agraria la Molina*, 4-5. Obtenido de <http://190.119.243.88/bitstream/handle/UNALM/2863/F01-P555-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Poma, P. A. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 120-121. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n2/a11v69n2.pdf>
- Quispe, R. F. (2017). Evaluación de la concentración de metales pesados (cromo, cadmio y plomo) en los sedimentos superficiales en el río Coata, 2017. *Universidad Nacional del Antiplano*, 26-27. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/Quispe_Yana_Raul_Fernando.pdf
- Rebaza, D. R., & Valverde, K. J. (2019). Evaluación del potencial fitorremediador de la especie *Brassica juncea* (Mostaza) en suelos contaminados con zinc y arsénico provenientes de relaves mineros. *Universidad Nacional de Trujillo*, 18-19. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13782>
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Díaz Lagos, & González, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, 16(2), 66-77. doi:2422-4324
- Rodríguez, M. Y., Salinas, P. L., Ríos, C. A., & Vargas, Y. L. (2012). Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 146-156. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a17.pdf>
- Sánchez, S., Chávez, J., & Lucio, L. (2015). Pasivos ambientales mineros en la Región Cajamarca. *Grufides*, 1-54. Obtenido de <http://www.grufides.org/documentos/pasivos-ambientales-mineros-en-la-regi-n-cajamarca-sergio-s-nchez-jorge-ch-vez-laura>
- Serrano, D. J., & Novillo, F. A. (2019). Síntesis de carbón activado a partir del endocarpio de *Cocos nucifera* y su aplicación en la adsorción de algunos metales pesados. *Universidad Central del Ecuador*, 21-22. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20332/1/T-UCE-0008-CQU-204.pdf>
- Service, E. (2017). Denuncian contaminación de niños con metales pesados en zonas mineras de Perú. *EFE News Services, Inc.*, 1-3. doi:1943201396
- Tomaila, J., & Iannacone, J. (2018). Toxicidad letal y subletal del arsénico, cadmio, mercurio, cromo y plomo sobre el pez. *Rev. Toxicol*, 35, 95-105. Obtenido de <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2018/12/Revista-de-Toxicologia-35.2-17-27.pdf>

Tabla 19

Matriz de consistencia

Título: “Eficiencia del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz como medio adsorbente para la remoción de metales pesados					
Problemas	Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Es eficiente el carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz como medio adsorbente para la remoción de metales pesados presentes en el agua procedentes de actividades industriales?	General: Comprobar la eficiencia del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz como medio adsorbente para la remoción de metales pesados presentes en el agua procedentes de actividades industriales.	Variable independiente: Remoción de metales pesados.	Cascarilla de arroz	Remoción de: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cromo VI ▪ Plomo ▪ Arsénico ▪ Hierro ▪ Cobre ▪ Cadmio ▪ Zinc 	Tipo: No experimental
	Específicos: Comprobar la capacidad que puede tener la cascarilla de arroz en la remoción de diferentes metales pesados.	Variable dependiente: Uso del carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz como medio adsorbente.	Carbón activado		Nivel: Explicativa.
	Analizar las características estructurales que tiene la cascarilla de arroz para la remoción de metales pesados.		Metales pesados		Diseño: Descriptivo
			Contaminación		Objeto de estudio El carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en la adsorción y remoción de metales pesados
			Medio Adsorbente		Técnica: Revisión documental
			Remoción		

ANEXOS

Anexo N°1. Ficha de registro de datos

Autores: Alcántara Malca Daniel Adolfo

Cita bibliográfica: (Alcántara, 2018)

Título: Método integrado de remediación para la disminución de la concentración de metales pesados de aguas residuales de actividad minera de la sierra central.

Parámetro estudiado: Plomo, Cobre, Hierro, Zinc.

Año: 2018

Universidad: Universidad Nacional Federico Villareal.

Idioma: Castellano.

Tipo de documento: Tesis para optar el grado académico de: Maestro en gestión ambiental.

Resumen: Este proyecto de remediación propone la aplicación de un método químico innovador y barato usando una base fuerte y barata como es el jabón sin excipientes, complementando con un método de biorremediación usando la cascarilla de arroz, para disminuir significadamente la concentración de metales pesados, de aguas provenientes de la minería formal de Cerro de Pasco, donde los resultados experimentales de aplicación del método ya mencionado resulta significativamente optima, ya sea para altas concentraciones de metales pesados o para alta acidez, dando así el uso del agua tratada para agricultura o bebida de animales.

Anexo N°2. Ficha de registro de datos

Autores: Guevara López Armando

Cita bibliográfica: (Guevara, 2018)

Título: Bioadsorción de plomo y cadmio mediante el uso del carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz en aguas de la laguna Huascacocha, Yauli, Junín.

Parámetro estudiado: Plomo, Cadmio.

Año: 2018

Universidad: Universidad César Vallejo.

Idioma: Castellano.

Tipo de documento: Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero ambiental.

Resumen: Esta investigación se basa evaluar la eficiencia del carbón activado para la remoción de plomo y cadmio en aguas de la laguna Huascacocha, con la finalidad de conocer la dosis óptima y la influencia del tiempo en la bioadsorción de dichos metales, con una metodología de ensayos de pruebas de jarras aplicando la dosis de 0.5gr 1gr y 3gr de carbón activado, obteniendo resultados que a mayor dosis se tendrá

Anexo N°3. Ficha de registro de datos

Autores: Gloria María Doria Herrera, Gloria Cristina Valencia Uribe,

Angelina Hormaza Anaguano, Darío Gallego Suárez.

Cita bibliográfica: (Doria , Valencia , Hormaza, y Gallego , 2016)

Título: “Estudio preliminar de la cascarilla de arroz modificada y su efecto en la Adsorción de Cr (VI) en solución”

Parámetro estudiado: Cromo

Año: 2016

Universidad: Universidad Nacional, sede Medellín

Idioma: Castellano.

Tipo de documento: Artículo original derivado del proyecto de investigación “Apoyo para la dotación del Nuevo Laboratorio de Química Experimental de la Escuela de Química y su asociación con el Área de Espectroscopia Láser del Laboratorio de Óptica de la Escuela de Física, en la Facultad de Ciencias.

Resumen: Este trabajo es con la finalidad de determinar las condiciones para la reacción de modificación de la cascarilla de arroz con el reactivo de fenton y establecer el efecto sobre la remoción de Cr VI en solución acuosa, donde se analizó la concentración inicial del metal, pH y dosificación del adsorbente para que luego se evidencie los cambios en términos de porcentaje de remoción, donde se concluye que a menor dosis de contaminante los porcentajes de remoción serán mayores.

Anexo N°4. Ficha de registro de datos

Autores: Diana Fernanda Navarrete Aguirre, Nadia Rosaura Quijano Arteaga, Cristian Douglas Vélez Sancán.

Cita bibliográfica: (Navarrete , Quijano, y Vélez, 2014)

Título: Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante.

Parámetro estudiado: Cobre, Arsénico.

Año: 2014

Universidad: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Idioma: Castellano.

Tipo de documento: Tesis de grado previa a la obtención del título de: Ingeniero civil.

Resumen: El presente proyecto se fundamenta en la elaboración de carbón activado a partir de tres materiales precursores no convencionales: Cascarilla de arroz, pepa de zapote y cascara de plátano. Debido a que estos medios filtrantes son experimentales fueron puestos a prueba con aguas contaminadas naturalmente del río Tenguel y del río Daule, dando como resultado que el carbón activado de la pepa de zapote fue la mejor que resultó, teniendo en segundo lugar a la cascarilla de arroz que por no remover los coliformes totales no se le pudo considerar como las más óptima.

Anexo N°5. Ficha de registro de datos

Autores: Cavero Torres, María Susana

Cita bibliográfica: (Cavero, 2020)

Título: “Influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz y la concentración del activador alcalino sobre la remoción de iones cromo de filtros geopoliméricos basados en metacaolín”

Parámetro estudiado: Cromo

Año: 2020

Universidad: Universidad Nacional de Trujillo.

Idioma: Castellano.

Tipo de documento: Tesis para optar el título de: Ingeniero de materiales.

Resumen: En el presente trabajo se evaluó la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz y la concentración del activador alcalino sobre la remoción de iones cromo de filtros geopoliméricos basados en metacaolín, debido a la alta toxicidad que genera el cromo en la salud y al nivel ambiental. La formación de geopolímero, es el resultado de mezclar la ceniza de cascarilla de arroz activado a diferentes porcentajes (0%,10%,20%,30%), junto al caolín a diferentes molaridades de NaOH (10M, 12M, 14M). Los resultados indican que mediante el proceso de adsorción el mayor porcentaje de remoción del cromo VI, se logra cuando el geopolímero está conformada por metacaolín con un 30% de ceniza y una concentración de activador de NaOH de 14 molar.