



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Efecto de la dosificación de H_3PO_4 y peso del carbón activado de residuos de *Ananas Comosus* en la adsorción de cadmio en la quebrada Colorada - Huamachuco, 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Leiva Capristan, Luis Rene (ORCID: 0000-0002-2166-8339)

Ramirez Acosta, Yessenia Mirella (ORCID: 0000-0002-4833-4312)

ASESOR:

Msc. Valderrama Ramos, Isidoro (ORCID: 0000-0003-4001-3255)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, por darnos la fuerza y el empuje necesario para sobresalir satisfactoriamente frente a los problemas de la vida, y por ayudarnos a cumplir de manera exitosa los objetivos propuestos a lo largo de nuestra carrera universitaria.

A nuestra familia, especialmente a nuestras madres: Paula Doris Paredes Sánchez y Maria Elena Acosta Peña, que siempre confiaron en nosotros y en la capacidad que poseemos, por su ayuda y orientación, por sus ánimos y enseñanzas brindadas a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Los autores

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a nuestra alma matter la Universidad César vallejo, a nuestros profesores quienes nos brindaron una correcta formación tanto profesional, científica y humanista.

A nuestro asesor, el ing. Isidoro Valderrama Ramos, por su dedicación, su esfuerzo y su pasión por enseñar, orientar y motivar que han sido fundamentales para mi formación como investigador y profesional, y que gracias esas ganas de ayudar y de enseñar se ha ganado nuestra lealtad y admiración.

Agradecemos de forma especial a una gran persona que nos ha enseñado el significado de la amistad y del amor por ayudar a los demás sin recibir nada a cambio a nuestros amigos el ingeniero Carlos Oliva Fernandez, gerente general de Carlos Oliva Consultoría y Soluciones; Andrés Cueva, jefe de laboratorio de procesos industriales, y a su familia por su ayuda incondicional en la realización de esta tesis, por su apoyo y su orientación a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Los autores

Página del jurado

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

Declaratoria de autenticidad

Nosotros,

LEIVA CAPRISTAN, Luis Rene con DNI N.º 70146544 y RAMIREZ ACOSTA, Yessenia Mirella con DNI N.º 73096230, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 17 de diciembre del 2019



RAMIREZ ACOSTA, Yessenia Mirella
DNI N.º 73096230



LEIVA CAPRISTAN, Luis Rene
DNI N.º 70146544

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	vi
Índice.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	11
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	11
2.1.1 Tipo de investigación.....	11
2.1.2 Diseño de investigación.....	11
2.1.3 Variables.....	12
2.2 Operacionalización de variables.....	13
2.3 Población, muestra y muestreo.....	14
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confianza.....	15
2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
2.4.2 Validez y confianza.....	15
2.5 Procedimiento.....	15
2.6 Metodo de análisis de datos.....	16
2.7 Aspectos éticos.....	16
III. RESULTADOS	17
3.1 Preparación del carbón activado de residuos de <i>Ananas Comosus</i>	17
3.2 Caracterización de agua de la quebrada Colorada.....	17
3.3 Resultados en los tratamientos.....	17
3.4 Análisis estadístico del efecto de la dosis de ácido fosfórico y peso del carbón activado en la adsorción de cadmio en la quebrada Colorada.....	19
IV. DISCUSIÓN	22
V. CONCLUSIONES	26
VI. RECOMENDACIONES	27
VII. REFERENCIAS.....	28
VIII. ANEXOS	32

RESUMEN

En el presente estudio de investigación se prepararon carbones activados mediante el proceso de activación química con ácido fosfórico (H_3PO_4), para ello se empleó como materia prima cascaras de piña (*Ananas Comosus*). Se estudió el efecto de la dosis del agente activador H_3PO_4 y el peso del carbón activado con la finalidad de adsorber cadmio presente en las aguas de la quebrada Colorada; en el desarrollo de la investigación se aplicó un diseño bifactorial de 3×2 , trabajando a diferentes volúmenes de ácido fosfórico a razón de 2, 4 y 6 (ml H_3PO_4 /gramo de precursor), y pesos de 0.5 y 1.0 g de carbón activado en 1000 ml de muestra en un tiempo de agitación de 180 minutos y una velocidad de agitación de 300 rpm, los resultados fueron determinados mediante el método de adsorción atómica NTP 214.003.87. y comprobados estadísticamente por el método estadístico ANOVA, en los cuales se concuyó que el mejor tratamiento fué utilizando un volumen de 4ml (H_3PO_4 /gramo de precursor) y 1g de carbón, logrando la adsorción del 98.73% de cadmio contenido en la muestra de agua de la quebrada Colorada.

Palabras claves: Carbón activado, cascaras de piña, H_3PO_4 , adsorción de cadmio.

ABSTRACT

In the present research study, activated carbons were prepared through the chemical activation process with phosphoric acid (H_3PO_4), for this purpose pineapple peels (*Ananas Comosus*) were used as raw material. The effect of the dose of the activating agent H_3PO_4 and the weight of the activated carbon were studied in order to adsorb cadmium present in the waters of the Colorada creek; In the development of the research, a 3x2 bifactorial design was applied, working at different volumes of phosphoric acid at a rate of 2, 4 and 6 (ml H_3PO_4 / gram of precursor), and weights of 0.5 and 1.0 g of activated carbon in 1000 ml of sample in a stirring time of 180 minutes and a stirring speed of 300 rpm, the results were determined by the atomic adsorption method NTP 214.003.87. and statistically verified by the ANOVA statistical method, in which it was concluded that the best treatment was using a volume of 4ml (H_3PO_4 / gram of precursor) and 1g of carbon, achieving the adsorption of 98.73% of cadmium contained in the water sample from the Qda. Colorada.

Keywords: Activated carbon, pineapple peels, H_3PO_4 , cadmium adsorption.

I. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, los residuos sólidos de la mano con la industrialización se han convertido en precursores de graves problemas a nivel mundial causando daños no solo al habitat donde vivimos, sino también a la salud de las personas. Los residuos sólidos tienen la misma antigüedad que la persona ya que son producidos por las diferentes actividades que viene realizado a lo largo de la historia. Mundialmente al año las personas producen entre siete mil a diez mil millones de toneladas de residuos sólidos urbanos. Se estima que el volumen que genera continentes de África y Asia se duplicará para el 2030 (United Nations Environment Programme, 2015).

Si hablamos a nivel local, este problema es crítico puesto que los residuos orgánicos que se generan llegan a cifras exorbitantes, generándose especialmente en los mercados, causados principalmente por la falta de una cultura ambiental en las personas y relacionadas con la ineficiente gestión y el mal manejo de estos residuos. Trujillo produce alrededor de 1050 toneladas diarias de basura que son dispuestas al Botadero El Milagro, estos residuos generan impactos negativos al medio ambiente, contaminación en las calles, riesgo de la salud de las personas.

En el año 2017 el SEGAT realizó un estudio de caracterización de residuos sólidos, donde concluyó que la producción generada per-cápita es de 0.91 kilogramos por habitante al día ($\text{Kg.hab}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$). (Segat, 2017, p. 1). Aquellos residuos que la población de la ciudad de Trujillo generan, en su mayoría se pueden reaprovechar, según el estudio de caracterización realizado por los estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo nos indica que más del 80% de residuos que se genera pueden ser reaprovechables; y dentro de eso más del 50% son de materia orgánica, dentro de estas están las cáscaras de frutas que los comerciantes eliminan de puestos de juguerías. (Canchucaja, 2018, p. 15), lo que constata el estudio de caracterización de RR. SS realizados por (Segat, 2017), el cual nos informa que en el año 2017 Trujillo generó en residuos de materia orgánica un 57.16%.

Por otro lado, la contaminación causada al recurso agua a nivel nacional va incrementando a medida que pasan los años, esto se debe a actividades contaminantes como industrias, agricultura, pesquería, pero principalmente es debido al impacto causado por la minería (Huaranga, 2012, p. 235-236) que alteran las propiedades fisicoquímicas del agua. A nivel de contaminación de recursos hídricos en el Perú la actividad minera está implicada

de manera directa. La autoridad nacional del agua en su reporte “Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales” publicado en el año 2017 nos dice a nivel nacional hay más de 250 establecimientos mineros en operación que genera relaves, vertimiento de aguas y desmontes y que existen más de 8 000 pasivos ambientales mineros. (Aquino, 2017, p. 34).

En La Libertad el problema de contaminación no es ajeno una investigación realizada por la Oficina Nacional del agua (ONA) menciona: “lagunas y ríos cercanos a la ciudad de Huamachuco se encuentran contaminados por metales pesados como el hierro, cobre, cadmio, entre otros, las cuales pueden provocar graves daños en la salud de la población, los lugares de mayor afectación son: ríos Chamís (Curgos), Grande, El toro”. (La República, 2014, p. 1).

Por otro lado, (Oefa, 2018, p. 1, 5), en el reporte público de supervisión especial realizado al administrado Corporación del centro sociedad anónima cerrada – Corporación del centro S.A.C, en la unidad fiscalizable El Toro (Isabelita) con ruc 20522025071 realizado el 27 de septiembre del 2018, informa que la quebrada colorada en los puntos ESP-13 y ESP-15 con coordenadas 9 133 257 Norte, 829 284 Este, 3 246 m.s.n.m y 9 133 277 Norte, 829 261 Este, 3 244 m.s.n.m, respectivamente, tienen presencia de Cadmio del 0.12847 y 0.04164 con respecto a los puntos ya mencionados, lo que se puede concluir que en los 2 puntos mencionados con anterioridad, los resultados sobrepasan los Estándares de calidad ambiental en agua, tanto en la categoría 1, y 3 del Decreto supremo N° 004-2017-MINAM. (Minam, 2017).

Es por ello que se busca de manera inaplazable reconsiderar, emplear nuevos métodos o aplicaciones para el tratamiento de aguas con el objetivo de retirar los metales que presenten los cuerpos de agua con la finalidad de cumplir con los Estándares de calidad de nuestra normativa ambiental.

Existen muchos estudios sobre el uso del carbón activado generado a base de residuos orgánicos con la finalidad de remover de metales pesados, entre ellas tenemos el estudio realizado por (Azahari, y otros, 2014, p. 2-5) titulado “Adsorption of Cadmium from Aqueous Solution by Biomass: Comparison of Solid Pineapple Waste, Sugarcane Bagasse and Activated Carbon”. En esta investigación realizado en Malasia tuvo como objetivo comparar el nivel de adsorción de Cadmio (II) que tiene el grano de palma y las cascaras de piña ambas activadas con ácido fosfórico H_3PO_4 y con una granulometría de 0.14 mm

determinando el efecto que tiene el pH (3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 4.0, 8.0, 10.0 y 12.0), el tiempo de contacto (15, 30, 60, 90, 120 y 150 minutos) y la dosis del adsorbente (0.01, 0.05, 0.1, 1.0, 1.5 y 2.0 gramos) dando como resultado que la eficiencia de la capacidad de remoción del cadmio fue en un 90% con un pH de 5, un tiempo de contacto de 120 minutos y una dosis de 1 gramo utilizando la cascara de piña lo que concluye que los residuos de la piña son una alternativa efectiva y de bajo costo en la adsorción de Cadmio (II) en un medio acuoso.

Así mismo, (Leyva, y otros, 1997, p. 210) titulada “Adsorption of cadmium (II) from aqueous solution onto activated carbón”. Realizado en Mexico, tuvo como finalidad medir el efecto de la temperatura en rangos de (10, 25 y 40 °C) °C y pH (en intervalo de 2 a 8) en la remoción de cadmio en solución acuosa, concluyendo que el cadmio era reducido aproximadamente 3 veces al aumentar la temperatura de 10 a 40°C, por otro lado se descubrió que el Cadmio no era adsorbido por el carbón activado en un pH de 2 o inferior sin embargo la capacidad de adsorción disminuía aproximadamente 12 veces a medida que reducía el pH de 8 a 3.

En el estudio realizado por (Guzman, 2018, p. 87-88) “Remocion de molibdeno del agua del río Challhuahuacho de Cotabambas-Apurimac con carbon activado de tusa de maiz (zea mays)”, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de remoción del molibdeno con carbón activado a partir de tusa de maíz para ello se consideró como variables el pH (5, 7 y 9) del agua y el peso del carbón activado (0.05, 0.1, 0.5, 0.8 y 1), concluyendo con respecto al pH que a medida que se fue incrementando la capacidad de adsorción disminuye, para la variable sucedió algo similar, mientras que el mayor porcentaje de adsorción fue a un pH 9 con 1 gramo de carbón adsorbiendo un 92%.

Del mismo modo, el estudio de (Dinesh, y otros, 2002, p. 4, 10) “Single - and multi - component adsorption of cadmium and zinc using activated carbón derived from bagasse - an agricultural waste”. Realizado en India, esta investigación tuvo como objetivo el reutilizar el material de desecho que es el bagazo para someterle a procesos para la obtención de carbón activado para adsorber cadmio y Zinc, obteniendo como resultados con respecto al pH (intervalo de 2 a 8), el carbón activado adsorbía el Cadmio y Zinc a medida que el pH aumentaba dando un porcentaje de adsorción de un 90 – 95% a pH de 4.0-6.0, con respecto a la temperatura (10, 25 y 40°C) la adsorción de los iones de Cadmio y Zinc aumentaba a medida que la temperatura aumentaba. La adsorción de Cadmio es ligeramente mayor que la de Zinc.

Y (Kadirvelu, 2001, p. 64) En su revista “Removal of heavy metals from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural solid waste”. Realizado en la India nos comenta que se puede preparar carbón activado a partir de los residuos agrícolas que pueden ser utilizados con la finalidad de adsorber los metales pesados tóxicos tales como el Mercurio (II), plomo (II), Cadmio (II), Níquel (II), y Cobre (II) dando como resultado que el porcentaje de adsorción del carbón activado, con respecto al Cadmio (II) tuvo una eliminación máxima del 100% a un pH 4 y a una cantidad de 0.3 gramos en 50 mililitros.

A la vez, a nivel nacional también se realizaron investigaciones usando carbón ctivado con el fin de adsorver metales pesados como es el caso de (Arhuis, y otros, 2018 p. 32, 36) titulado “Aplicación de adsorbentes de carbón preparados desde las cascara de la fruta piña (*Ananas comosus*) para remover metales pesados (Cd^{2+} , Pb^{2+}) desde soluciones acuosas”, realizado en Huancayo, en el cual se elabora carbón activado a base de piña, utilizando el siguiente procedimiento de secado del material precursor por 24 horas a una temperatura de 58°C para luego activarlo utilizando el método de activación física a temperaturas de 400°C, 500 °C y 600 °C en diferentes ambientes inerte, de $N_2(g)$ y $CO_2(g)$, respectivamente, posteriormente se aplicó 0.2 gramos de adsorbente (carbón activado) en 200 ml que contenían los metales ya mencionados para este proceso se tomó en cuenta un tiempo de contacto de 3 horas, finalmente al medir las propiedades absorbentes de ambos carbones se concluyó que se logró remover con carbón CC600 98,64 % de Cadmio y con carbón CN600 un 87,64 % Plomo, en ambos casos cuando la temperatura de activación del absorbente fue 600 °C.

(Obregón, 2012, p. 2) titulada “Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de Cadmio utilizando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje y de aceituna”, realizado en ciudad de Lima. En esta investigación se realizó la activación química mediante el H_3PO_4 como agente activante, en 3 niveles para la impregnación (0.75; 1 y 1.5 g H_3PO_4/g precursor) y a una activación térmica a tres diferentes temperaturas (400; 500 y 600°C). obteniendo como resultado que los carbones activados de mejor capacidad de adsorción de Cadmio fueron de aguaje a una concentración de 0.75 (g H_3PO_4/g precursor) con 600°C y el de aceituna con una concentración de 1.00 (g H_3PO_4/g precursor) a 600°C de temperatura para la activación.

(Lavado, y otros, 2010, p. 8) en su investigación titulada “Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H_3PO_4 ”, dentro del desarrollo de su estudio elaboró carbones activados empleando astillas de eucalipto el cual utilizó el método de activación química y empleó como agente activador ácido fosfórico H_3PO_4 , con el fin de estudiar la influencia del agente activante sobre la adsorción de plomo. Se trabajó a una razón de impregnación de 0.5, 1.0, 1.5 y 3 de agente activante(g)/precursor(g); después de ser aplicado el procedimiento metodológico se concluyó que existía una diferencia en la variación de impregnación cuando la razón era de 0.5 a 1.0, es decir la adsorción del plomo era significativa; por otro no hubo mucha diferencia cuando la razón era de 1.0 y 1.5, pero cuando la razón de impregnación se incremento a 3.0 los valores de adsorción disminuyeron, manteniendo la misma tendencia; en la investigación se señala que esto pudo ser producido por los cambios en la porosidad del carbón, es por ello que se observó una difusión en la adsorción del plomo.

Por último (Caceres, 2017, p. 16-21) en su investigación “Carbon activo a base de cascara de piña” produce carbon activado de corona y cascara de piña y siguiendo el proceso de activación química con ácido fosfórico, el cual utilizo 1ml y 2ml de H_3PO_4 por cada gramo de carbón, Cáceres despues de realizar las pruebas de tratamiento con carbon activado, concluye que los carbones que elaboró utilizando la relación de 2 (ml H_3PO_4 /gramo de carbón) presentaron una mayor capacidad de adsorción, en cuanto al carbon activado a base de cascara de piña de logro adsorber un 99.21%, sin embargo, el carbon activado de la corona de la piña presento un menor porcentaje de adsorción de 95.12%, en la investigación explica que esto debe a que existe una mayor conversion de material carbonizable es decir a la presencia de lignocelulosa, siendo este el componente carbonizable para obtener carbon activado.

Dentro de los enfoques conceptuales que enmarca nuestra investigación tenemos al carbón activado que es el producto obtenido del carbón más un agente activante por medio de procesos que pueden ser físicos o químicos el cual tiene estructura similar al grafito, siendo este altamente poroso ya que puede adquirir superficies de 1 200 a 1 500 m^2 por cada gramo de carbón. El carbón activado tiene relación con cualquier tipo de resultado derivado de componente carbonoso. (Fombuena, 2010, p. 10). Estos son preparados artificialmente por medio de un pretratamiento que es el conjunto de operaciones previas para enriquecimiento en las propiedades de un determinado elemento, sustancia, materia. (Fombuena, 2010, p. 27). Para la preparación se realizan dos pasos elementales: la

carbonización y la activación (Bansal, 2005, pág. 8) el cual finalmente el carbón activado llega a tener una elevada porosidad y superficie interna. Para la activación del carbón activado existen muchas formas, sin embargo, se usan con mayor frecuencia solo dos tecnologías de activación que son: la activación térmica o también llamada activación física, y la activación química, sin embargo existe una activación por deshidratación química, esta metodología a diferencia de las anteriores solo puede ser aplicada a algunos materiales orgánicos, estos deben ser parcialmente dócil y deben estar estructurado por moléculas de celulosa, se desarrolla en tres fases, la primera se basa en deshidratar la materia prima mediante un químico que puede ser el ácido fosfórico H_3PO_4 , la segunda etapa se basa en la carbonización del materia previamente deshidratado a temperatura de 500 – 600°C, en esta etapa se obtiene automáticamente la estructura porosa. Y en la última etapa el producto que resulta se lava con el objetivo de librarlo del agente químico utilizado, este proceso puede variar de acuerdo a la cantidad de químico utilizado. (Fombuena, 2010 p. 50) ; Producto de este proceso de pretratamiento el carbón activado llega a poseer una estructura cristalina en la cual todos sus átomos tienen la capacidad de atraer moléculas.

Dentro de sus propiedades características esenciales en las aplicaciones de uso de carbón activado se basan, son la alta capacidad para la supresión de sustancias: que es gracias a la elevada superficie interna que presenta, los microporos que presenta el carbón activado son los que le permiten tener mayor área y capacidad de contención, por otro lado los mesoporos y macroporos, son aquellos que ayudan a retener partículas de mayor tamaño. Otra de las propiedades importantes de carbón activado es que es llamado adsorbente “universal” ya que no tiene especificidad de ningún elemento durante su proceso de retención. (Fombuena, 2010, p. 13).

El carbón activado por su naturaleza no presenta polaridad y por las fuerzas que participan en el proceso de adsorción, retiene a primera instancia y preferencialmente las moléculas de mayor dimensión molecular como los hidrocarburos, colorantes, fenoles, etc., por otro lado, a diferencia de otros compuestos y elementos como el nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y agua (H_2O) estas no son adsorbidas a una temperatura de 25°C. Es por este modo, el carbón activado puede destinarse para la supresión de los agentes dañinos producidos en muchos sectores, en fase de gas como sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógenos, vapores de gasolina; y en fase líquida para agua potable, industriales, residuales, textilerías, etc. (Fombuena, 2010, p. 13).

El carbón activado podría conceptualizarse como un material carbonoso – poroso dispuesto por medio de un precursor a base de carbón, y seguidamente adicionándole un producto químico como el H_3PO_4 , $ZnCl_2$, KOH , entre otros; esto se aplica durante y después de la carbonización para el aumento de su porosidad. Estructuralmente se encuentra constituido por grupo de superficies irregulares de carbono, las cuales tienen una separación entre ellas, las cuales componen su porosidad. A la vez presenta turbulencia en el ordenamiento de sus capas, esta turbulencia impide que la estructura pueda formar el grafito, incluso cuando esté sometidas a grandes temperaturas de hasta $3000^{\circ}C$. (Manosalva, 2016, p. 15).

En conclusión, la capacidad de un carbón activado no solo se debe en su área de superficie, sino también en la distribución de sus poros y de la dimensión de los mismos. La distribución depende principalmente de 3 factores que son, el origen de la materia prima, el tipo de activación que se le hace y el tiempo que dura el proceso de activación. (Marsh, 2006). Mayormente se emplea para el tratamiento y purificación de líquidos el carbón activado en polvo. (López, 2014, p. 38). El carbón activado de tipo pulverizado mayormente se utiliza en medio líquido, y tiene muchas aplicaciones como, por ejemplo: eliminación de impurezas, olor, sabor (mejoramiento de las propiedades organolépticas del agua); tratamiento de aguas contaminadas después de procesos de industrias; refinación de aguas contaminadas tratadas; eliminación de compuestos no orgánicos, entre muchas otras. (Fombuena, 2010, p. 41)

Es posible la adquisición del carbón activado por medio de cascara de *Ananas Comosus* (piña) ya que es un material orgánico considerado según estudios con gran porcentaje lignocelulósico la cual lo hace no comestible para los seres humanos, pero a la vez potencialmente utilizable para obtener otros productos de alto valor agregado. (Arila, y otros, 2018, p. 2). En la cascara que es nuestro objeto de estudio tiene una alta composición celulósica del más de 80%, el cual cuando se considera como “desecho” estas cascara se pueden reaprovechar utilizándose como coproductos para reducir impactos ambientales negativos de diferentes actividades. (Jiménez, 2014, p. 17)

Se consideran metales pesados aquellos que poseen una muy alta densidad de por lo menos 5 veces superior a la densidad de agua (H_2O), el termino es referido a aquel elemento químico metálico que tengan una elevada densidad relativa y a bajas concentraciones tenga consecuencias negativas como la toxicidad y el envenenamiento. Su presencia en el ambiente se da de manera natural o antropogénica, estos metales se movilizan en matrices de agua,

suelo y aire, una de las propiedades que tienen los metales es que son persistentes, en otras palabras, no pueden ser creados ni degradados, mediante procesos biológicos ni antropogénicamente, cuando entra en ecosistemas estos se distribuyen entre las especies causando efectos negativos en la salud. (Reyes, 2016, p.67-68).

Con respecto a Cadmio es uno de los metales pesados considerados como elementos más tóxicos, que puede ser liberado a la atmosfera tanto de manera natural como antropogénica. (Nordic council of ministers, 2003, p. 8). La movilidad de este metal en el medio es dependiente de un conjunto de factores como pH, materia orgánica, óxidos de hierro, etc. (Sánchez, 2016, p. 3). Los metales pesados en su mayoría se producen en base a actividades antropogénicas, industriales, metalúrgicas, mineros, este ultimo genera una modificación desfavorable en el medio ambiente que por consecuencia tiene efectos significativos en los cuerpos de agua; en cuanto a la presencia de cadmio en el medio acuático se da por el vertimiento de efluentes de las industrias mineras y también por el drenado de aguas residuales, entre otros. (Arhuis, y otros, 2018, p. 22).

El problema del cadmio radica en su elevada toxicidad, su larga vida media y en la alta capacidad de acumulación en seres vivos. A nivel mundial el cadmio fue el causante de uno de los desastres ambientales catastróficos conocidos, el cual afectó enormemente a habitantes de la cuenca del río Junzū en Japón. (Sánchez, 2016, p. 3). Los alimentos que tienen mayor susceptibilidad de presentar cadmio en su organismo son los champiñones, peces de agua dulce, algas secas, agua potabilizada, entre otras. (Lenntech, 2019 p. 1).

La adsorción se puede definir como la remoción por adherencia de impurezas, como un proceso en la que participan 2 sustancias que interactúan entre sí teniendo diferentes comportamientos. Una sustancia de una fase se va a localizar sobre el área exterior de otra fase; aquella unidad que se agrupa en la superficie, en otras palabras, es adsorbida se le conoce con la denominación de “adsorbato”, mientras la sustancia que adsorbe se le conoce como “adsorbente”. La adsorción puede representarse por medio de esta reacción química: $A+B \leftrightarrow A.B$; donde A es denominada adsorbato o sustancia que será adsorbida, B es denominado como adsorbente o sustancia que adsorbe y A.B es el compuesto que forma la adsorción. (Ponce, 2005, p. 51). Para usarlo como tratamiento de agua existen un sin número de adsorbentes como son el caso de: Óxidos metálicos, Hidróxidos, Carbonatos, Alúmina activada, Carbón activado, entre otras. (Ponce, 2005, p. 52).

Los factores que tienen influencia en la adsorción vienen a ser según el tipo de compuesto que se quiera eliminar. Uno de los factores es el peso molecular, y la solubilidad

si el compuesto que se quiere adsorber tiene un alto peso molecular y tiene una baja solubilidad se absorberá con mayor facilidad.

Otra es la cantidad del compuesto que se quiera eliminar, a mayor concentración mayor cantidad de carbón se necesitará. Y el pH de la solución acuosa, los compuestos que tienden a ser más ácidos se eliminarán con mayor facilidad que aquellos que son de pH alto, el tiempo de contacto. (Fombuena, 2010, p. 37).

Dentro del marco legal el cual se rige nuestro proyecto de investigación tenemos La ley de gestión integral de residuos sólidos, esta ley el objetivo principal el de regular el DL N° 1278, con el fin de incrementar la eficacia en el uso de los elementos y organizar la gestión y conducción de los RR. SS, reduciendo su generación y sobre todo otorgándole un valor agregado, este proyecto de investigación está direccionada en los principios de: economía circular, valorización del residuo y de la protección del medio ambiente y salud de las personas. Y la aprobación por medio del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. “Aprueban reglamento del decreto legislativo N° 1278, Decreto legislativo que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos”. (MINAM, 2017).

La ley de los recursos hídricos ley N° 29338. “El protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”, realizado por la Autoridad Nacional del Agua y aprobada por resolución jefatural N° 010-2016-ANA. El 11 de enero del 2016, el cual se basa en el propósito de homogenizar criterios y aquellas metodologías técnicas para el desarrollo del proceso de un monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros igual y significativo a nivel nacional. Este protocolo es a nivel nacional y de carácter obligatorio. El Estándar de calidad ambiental con respecto al recurso agua DS: 004-2017-MIMAN que es nuestro mecanismo técnico normativo de gestión en tema ambiental el cual establece el grado de manifestación o del nivel de elementos, sustancia parámetros que se encuentren en el recurso agua en la condición de cuerpo receptor. La presente tesis toma en cuenta esta normativa y se centra en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Además, la “Ley General del Ambiente” 28611, la “Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales” Ley N°26821, entre otras.

En base a lo mencionado con anterioridad este proyecto de investigación se formula el siguiente problema: ¿Cuál es el efecto de la dosis de H_3PO_4 y peso de carbón activado a partir de residuos de *Annas Comosus* en la adsorción de Cadmio presente en la quebrada Colorada Huamachuco, 2019?, dado el problema que engloba este proyecto de investigación

y la problemática mencionada anteriormente la presente investigación se justifica porque permite dar un enfoque nuevo y alternativo para hacer frente a una de las problemáticas más graves en la ciudad de Trujillo, que es el mal manejo y la inadecuada disposición de residuos sólidos y así mismo aprovechar estos desechos para tratar de manera eficiente los cuerpos de agua superficiales y por consecuencia puedan cumplir con la normativa técnica de nuestra nación. DS. N°004-2017-MINAM. Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Esta investigación estudiara generalidades de la remoción como un subproceso alternativo de la adsorción del carbón activado en contaminantes presentes en soluciones acuosas, con algunas modificaciones a fin de buscar una mejora en la eficiencia de adsorción de metales pesados, identificando los factores que influyen en este proceso (Precursor, pretratamiento, concentración). De esta manera, este proyecto busca solucionar de manera viable el problema de contaminación de cuerpos receptores causados por actividades antropogénicas como es la minería, haciendo uso de carbón activado a base de residuos sólidos orgánicos de piña (*Ananas comosus*).

Por lo cual se plantea como objetivo principal determinar el efecto de la dosificación de H_3PO_4 y peso del carbón activado de residuos de *Annas comosus* en la adsorción de Cadmio en la Qda. Colorada- Huamachuco, y de manera específica los siguientes objetivos, Determinar la mejor dosis de ácido fosfórico H_3PO_4 en la adsorción de cadmio, Identificar el mejor peso de carbón activado para la adsorción de cadmio, y por último determinar el porcentaje de adsorción del carbón activado a partir de residuos de *Annas Comosus*. Teniendo como afirmación que la dosificación con H_3PO_4 y el peso del carbón activado a partir de residuos de *Annas Comosus*, tiene un efecto significativo en la adsorción de Cadmio (Cd) presente en la Qda. Colorada.

II. MÉTODO.

2.1 Tipo y diseño de investigación.

2.1.1 Tipo de investigación.

Por su finalidad: es una investigación aplicada, porque se enfoca en la resolución de un problema de una manera fácil, practica y sencilla. (Hernandez, 2014, p. 25)

Por su diseño: Investigación experimental. El presente proyecto de investigación es experimental ya que se manipularán intencionalmente una o más variables para el análisis de la consecuencia que dicha manipulación o manipulaciones tienen sobre variables independientes, siempre teniendo una situación control para la investigación. (Hernandez, 2014, p. 113)

Por su enfoque: Es una investigación cuantitativa, porque está basada en la obtención de datos numéricos, los cuales serán usados en procesos estadísticos para determinar su verificación. (Hernandez, 2014, p. 4)

Por su alcance: es causal, esta investigación explicará si la variable independiente afecta a la independiente. (Hernandez, 2014, p. 6)

2.1.2 Diseño de investigación.

El presente proyecto de investigación fue trabajado mediante un diseño experimental bifactorial (Carbón activado) tomando en cuenta tres volúmenes de dosificación con H_3PO_4 y dos pesos, lo cual nos da un diseño de (3×2) .

Tabla N°1. Diseño de investigación

Variables	(D1) 2 ml	(D2) 4 ml	(D3) 6 ml	Total combinados
P1	D1/P1	D2/P1	D3/P1	3(P1)
P2	D1/P2	D2/P2	D3/P3	3(P2)
Total combinados	2(D1)	2(D2)	2(D3)	3x2

Fuente: Elaboración propia.

- D1: Dosis de ácido fosfórico de 2 (ml H_3PO_4 /gramo carbón).
- D2: Dosis de ácido fosfórico de 4 (ml H_3PO_4 /gramo carbón).
- D3: Dosis de ácido fosfórico de 6 (ml H_3PO_4 /gramo carbón).
- P1: Peso de carbón activado de 0.5 gramos.
- P2: Peso de carbón activado de 1 gramo.

Se realizó 3 réplicas o llamadas también repeticiones, es por eso que el tamaño de nuestra muestra (N) el cual se calculó de esta siguiente manera:

$$N = (3 \times 2) \times 3 = 18 \text{ experimentos.}$$

Lo cual se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla N°2. Diseño de investigación

Variables	D1/P1	D2/P1	D3/P1	D1/P2	D2/P2	D3/P3	Total
G1	G1D1P1	G1D2P1	G1D3P1	G1D1P2	G1D2P2	G1D3P3	6
G2	G2D1P1	G2D2P1	G2D3P1	G2D1P2	G2D2P2	G2D3P3	6
G3	G3D1P1	G3D2P1	G3D3P1	G3D1P2	G3D2P2	G3D3P3	6
Total combinados	3(D1P1)	3(D2P1)	3(D3P1)	3(D1P2)	3(D2P2)	3(D3P3)	6x3

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

G1: Primera repetición

G2: Segunda repetición

G3: Tercera repetición.

D1/P1: 2 (ml H₃PO₄/gramo carbón) con 0.5 gramos de carbón activado.

D1/P2: 2 (ml H₃PO₄/gramo carbón) con 1 gramos de carbón activado.

D2/P1: 4 (ml H₃PO₄/gramo carbón) con 0.5 gramos de carbón activado.

D2/P2: 4 (ml H₃PO₄/gramo carbón) con 1 gramos de carbón activado.

D3/P1: 6 (ml H₃PO₄/gramo carbón) con 0.5 gramos de carbón activado.

D3/P2: 6 (ml H₃PO₄/gramo carbón) con 1 gramos de carbón activado.

2.1.3 Variables.

Independiente: Dosificación de H₃PO₄ y peso de carbón activado.

Dependiente: Adsorción de Cadmio (Cd) presente en las aguas de la Qda. Colorada.

2.2 Operacionalización de variables.

Tabla N°3: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I. Dosificación de H ₃ PO ₄	Proceso mediante el cual el agente activador enriquece las propiedades de un determinado elemento, sustancia, materia. (ARHUIS, y otros, 2018)	Volumen de ácido fosfórico aplicado para la activación del carbón.	Para la activación se utilizó ácido fosfórico a 3 diferentes volúmenes.	2 ml/g Carbón 4 ml/g Carbón 6 ml/g Carbón	Intervalo
V.I. Peso de carbón activado	Proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto en una solución (OXFORD, 2019).	Cantidad de carbón aplicado.	Se aplicó carbón activado a diferentes concentraciones en muestras de agua de la Qda. Colorada.	0.5g/ 1000 ml 1g/ 1000 ml	Intervalo
V.D. Adsorción de Cadmio (Cd)	La adsorción proceso en la que participan 2 sustancias que interactúan entre si teniendo diferentes comportamientos. Una sustancia de una fase se va a localizar sobre la superficie de otra fase (PONCE, 2005).	Cantidad de Cadmio (Cd) presente en el agua la Qda. Colorada.	Se obtuvo el valor inicial y final antes y después del tratamiento de las aguas de la Qda. Colorada por el método de Adsorción atómica NTP 214.003.87.	(mg/l) Cd	Razón

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Población, muestra y muestreo.

Población: Las aguas de la Qda. Colorada ubicada en Huamachuco.

Muestra: Se tomó la muestra según la guía de monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales, R.M. 010-2016-ANA, en este caso, se realizó un muestreo puntual tomando 20 litros de agua de la Qda. Colorada. (ANA, 2016, p. 31)

Unidad de análisis: 1 000 ml de agua.



FiguraN°1: Ubicación los puntos de toma de muestra.

Fuente: Google earth

Tabla N°4: Georreferenciación de punto de muestreo

CÓDIGO DE PUNTO	ZONA	UBICACIÓN		Altitud (m.s.n.m.)
		Norte	Este	
R-1	17 M	9133363	828834	3 260

Fuente: Elaboración propia.

Muestreo: se realizó un muestreo no probabilístico discrecional conocido como el muestreo por juicio de expertos (Sanchez, 2017, p. 30), tomando como referencia el “Reporte Público de Supervisión” realizado el 27 de septiembre del 2018 por el OEFA, siguiendo el procedimiento para la toma de muestras en ríos o quebradas de bajo caudal encontrada en la guía para el “monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales” (ANA, 2016, p. 36-41)

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confianza.

2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La técnica que se utilizó fué la observación experimental, debido a que se manipuló las variables para comprobar la hipótesis, respetando las normativas ambientales. Se experimentaron con 18 tratamientos, compuestos de diferentes masas de carbón activado variando las dosis de agente activante, el cual se analizó el porcentaje de adsorción de Cadmio (Cd). Se utilizó el método de Adsorción atómica NTP 214.003.87.

Los instrumentos empleados en la recolección de datos fueron fichas de recolección de datos. Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en esta tesis las cuales se encuentran en los anexos.

2.4.2 Validez y confianza.

Los métodos de elaboración, y aplicación del carbón activado al igual que los instrumentos de recolección de datos (fichas técnicas) están debidamente validados por especialistas en la materia, de igual manera los equipos, materiales.

2.5 Procedimiento.

El material precursor utilizado (la cascara de piña) fué obtenida del puesto de juguería A-52 que se encuentra en el mercado Central -Trujillo; ubicada en Jr. Gamarra con Jr. Ayacucho. Se utilizó la técnica del muestreo no probabilístico por conveniencia o intencional por la fácil accesibilidad brindada por los trabajadores del puesto, la recolección fue el día 09 de septiembre, se logró recolectar la cantidad de 4.00 kg de residuos de *ananas comosus*, que fueron trasladadas al laboratorio de procesos industriales de la Universidad Cesar Vallejo para el respectivo tratamiento. El carbón activado se realizó mediante el proceso de laboratorio (Lehner, 1989).

Los residuos fueron colocados en bandejas de acero inoxidable a una temperatura de 80°C por un lapso de tiempo de 24 horas con el fin de agilizar la deshidratación de nuestro material precursor, seguidamente se dejó enfriar en un desecador para luego someter a proceso de carbonización utilizando una mufla a una temperatura de 350°C por un periodo de 1 hora aproximadamente, resultando como producto el carbón de

residuos de *Ananas Comosus* (piña), pasada el tiempo se colocó en un desecador para posteriormente iniciar con el proceso de activación.

El carbón se distribuyó en tres morteros diferentes al cual se va añadió 2 ml, 4 ml y 6 ml respectivamente de ácido fosfórico H_3PO_4 por cada gramo de carbón dejando impregnar por un periodo 4 horas, al finalizar el periodo de impregnación se sometió al proceso de activación propiamente dicho, utilizando una estufa proporcionada por el laboratorio de procesos industriales a una temperatura de $250^{\circ}C$ por un tiempo de 24 horas, finalmente el producto fué sometido a lavado con la finalidad de eliminar impurezas, el lavado se realizó empleando agua destilada, para demostrar el término del proceso de lavado y que no existen restos de H_3PO_4 , se utilizó como indicadores fenoltaldeina e hidróxido de sodio NaOH, cuando el agua se tornó color grosella se dio por finalizado la activación del carbón. (fotografías en Anexos). El producto fue llevado a una estufa para el secado por un tiempo de 24 horas con una temperatura de $40^{\circ}C$, luego de pasado dicho tiempo fué llevado a molienda donde se tamizó a un diámetro de 0.15 mm utilizando un Tamiz N° 100, finalmente el carbón obtenido fue colocado en depósitos. En el Anexo 3 se muestra el diagrama de bloques del procedimiento que se tomó en cuenta para la obtención del carbón activado; se utilizó el equipo llamado Tes de Jarras para la realización de los tratamientos a diferentes dosis de H_3PO_4 y peso del carbón activado, las muestras obtenidas de los diferentes tratamientos fueron llevados a analizar al laboratorio, para determinar los valores establecidos en el Anexo 3 se tomó en cuenta el estudio de (Arhuis, y otros, 2018) y (Azahari, y otros, 2014).

2.6 Metodo de análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizp el método ANOVA, los datos fueron procesados con el Software SPSS v23 a un nivel de confianza del 95%. Se utilizó la puebs Post hot de HSD Turkey para determinación de diferencias significativas entre grupos.

2.7 Aspectos éticos.

Está presente tesis se desarrolló teniendo en consideración los valores éticos del investigador, se informó y se tomó conceptos reales, y sin alteración en la información de datos y manteniendo sobre todo la veracidad en los resultados obtenidos.

III. RESULTADOS

3.1 Preparación del carbón activado de residuos de *Ananas Comosus*.

Se preparó el carbón activado de residuos de *Ananas Comosus*. Los detalles de preparación se encuentran en el procedimiento con el Anexo 3, además de fotografías tomadas en el proceso.

3.2 Caracterización de agua de la quebrada Colorada.

A continuación, se muestra la caracterización de agua de la quebrada colorada:

Tabla N°5. “Caracterización de la muestra”

Volumen	Temperatura	pH	Cadmio
Litros	°C		ppm
1	15	5	0.1021

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°5 podemos observar los parámetros de caracterización de la muestra in situ tomada de la quebrada Colorada las cuales presentaron una temperatura de 15°C, un pH (nivel de alcalinidad o acides) de 5 lo que se considerara una muestra ligeramente ácida, además, de la concentración de cadmio presente de 0.1021 ppm.

3.3 Resultados en los tratamientos.

Tabla N° 6: Promedios de la concentración final de cadmio (ppm).

Condiciones $[Cd]_{inicial}=0.1021\text{ppm}$; pH= 4.5 – 5.0 y tiempo de contacto 180 minutos.

Volumen de Ácido fosfórico (ml)	Cantidad (g) carbón activado	Promedio de [Cd] ppm	% Remoción de Cd
2	0.5	0.0326	68.10
	1	0.0193	81.10
4	0.5	0.0250	75.51
	1	0.0013	98.73
6	0.5	0.0409	59.97
	1	0.0632	38.07

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°6 se muestran los promedios de las repeticiones de los 6 tratamientos el cual se puede observar que la máxima cantidad adsorbida se encuentra

en el tratamiento conformado por 1 gramo de carbón activado con una dosis de 4 (ml H_3PO_4 /gramo carbón). Al analizar los datos por intervalos de 2 – 4 (ml H_3PO_4 /gramo carbón), se observa un aumento en el proceso de adsorción de un 15% aproximadamente para ambos pesos, sin embargo, cuando analizamos el intervalo de 4 – 6 (ml H_3PO_4 /gramo carbón), se observa que el proceso de adsorción ha disminuido a medida que aumenta el volumen de dosificación, esto sucede a causa del número limitado de centros ácidos y a la cantidad de fósforo que se le añade, el cual provoca una sobresaturación y así una inadecuada formación de las zonas de adsorción en el carbón activado de cascaras de Ananas Comosus.

Este comportamiento se puede apreciar en la cantidad del porcentaje de adsorción las cuales se muestran en la siguiente figura.

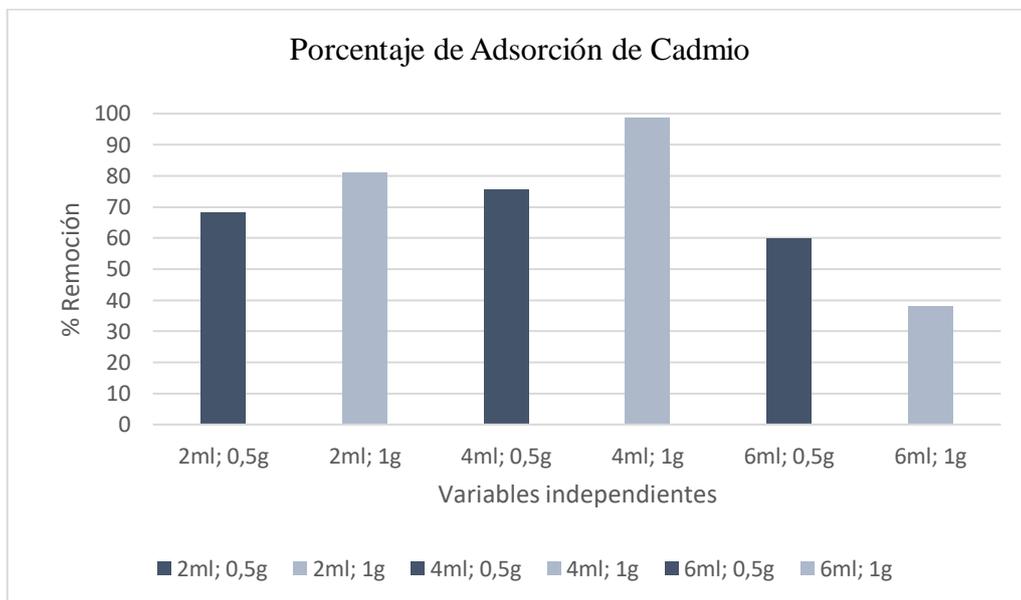


Figura N°2: Porcentaje de remoción de la concentración final de cadmio.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Análisis estadístico del efecto de la dosis de ácido fosfórico y peso del carbón activado en la adsorción de cadmio en la quebrada Colorada.

- Comprobación de los supuestos.
 - Pruebas de normalidad para la variable dosis de ácido fosfórico (ml H_3PO_4 /gramo de carbón).

En el Anexo 20 se muestra los resultados del supuesto de normalidad de la variable independiente volumen y peso, el cual se analizó mediante la prueba de Shapiro -Wilk ya que nuestros datos son pequeños (menores a 30); si el valor de significancia $p > 0.05$; se dice que los datos presentan una distribución normal. Supuesto que se cumple ya que nuestro P es mayor a 0.05 para la variable volumen,

- Pruebas de normalidad para la variable peso de carbón activado de residuos de *Ananas Comosus*.

Para la variable peso de carbón activado de igual manera se consideró la misma prueba de Shapiro -Wilk ya que la cantidad de datos es igual a la anterior variable (18 datos) y estas al ser menor a 30, si el valor de significancia $p > 0.05$; se dice que los datos presentan una distribución normal. Supuesto que cumple ya que nuestra P es mayor a 0.05, lo cual nos dice que los datos presentan una distribución normal, esto puede ser verificado en el Anexo 21.

- Prueba de homogeneidad de varianzas.

En la Anexo 22, nos muestra la prueba de homogeneidad de varianzas; si el valor de significancia $p < 0.05$; indica que los datos no presentan homogeneidad de varianzas, por lo cual al someter a evaluación entonces los valores obtenidos en el proceso de adsorción presentan homogeneidad en las varianzas. En conclusión, el resultado de esta prueba demuestra que las varianzas de los grupos analizados son idénticas.

Tabla N° 7: “Prueba de efectos inter-sujetos”

Variable dependiente: % Adsorción

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	6306,693 ^a	5	1261,339	164,017	,000
Intersección	88823,608	1	88823,608	11550,087	,000
Volumen	4525,351	2	2262,676	294,225	,000
Peso	102,241	1	102,241	13,295	,003
Volumen * Peso	1679,101	2	839,550	109,170	,000
Error	1679,101	12	7,690		
Total	95222,585	18			
Total corregido	6398,977	17			

Fuente: IBM SPSS 23v

Después de la comprobación de la normalidad de los datos, se prosiguió a realizar el análisis de la varianza, teniendo como

- Hipótesis nula (H_0): “los resultados de los experimentos realizados son iguales”, mientras que por otra lado,
- Hipótesis alterna (H_1): “al menos uno de los experimentos realizados es diferente”;

Es por eso que en la Tabla N° 7 se observa que el P(Sig) que se toma para aceptar o rechazar la primera hipótesis (H_0) es menor al nivel de significancia trabajado (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que al menos uno de los tratamientos es diferente.

Después de realizar el análisis de varianza, y encontrándose que existen diferencias significativas se procede a realizar la prueba Post Hoc de HSD Turkey, con la finalidad de determinar en qué niveles de las variables se producen dichas diferencias.

- Prueba Post – Hoc para la variable dosis de H_3PO_4 .

En la prueba post – hoc se demostró que la mejor dosis de H_3PO_4 fue de 4 (ml/gramo carbón), generando mayor adsorción como se observa en la figura.

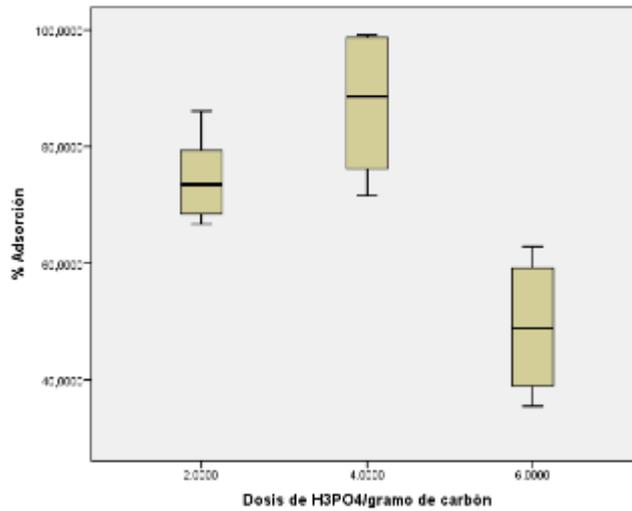


Figura N°3. “Medias marginales para la adsorción de cadmio.(Dosis de H_3PO_4)

Fuente: Elaboración propia.

- Prueba Post – Hoc para la variable peso de carbón activado.

Con respecto a la variable peso se puede observar en el Figura N°4 que hubo un mayor porcentaje de adsorción de cadmio utilizando 1 gramo de carbón activado de residuos de *Ananas Comosus*.

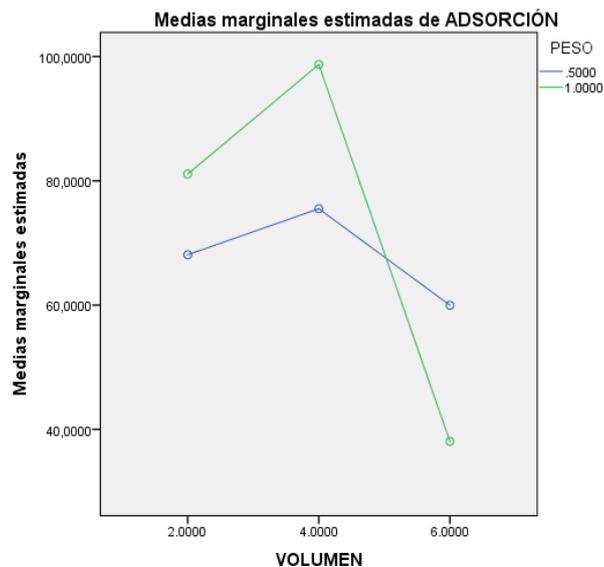


Figura N°4. “Medias marginales para la adsorción de cadmio.(peso de carbón activado)

Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

A partir de los resultados hallados en la Tabla N°3 “Caracterización de la muestra”, en la cual se establece las condiciones iniciales de la muestra estudiada donde el valor del parámetro Cadmio fué 0.1021 mg/l, este valor sobrepasa los Estandares de calidad ambiental para la categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales, según el decreto supremo N°004-2017-MINAM, establece que al ser excedida en su concentración presenta daños significativos a la salud de las personas y al medio ambiente, diferentes estudios como (Sánchez, 2016), mencionan que el Cadmio presenta una elevada toxicidad, larga vida media y una alta capacidad de acumulación en los seres vivos que en concentraciones elevadas pueden ser causantes de enfermedades y desastres ambientales catastróficos. Así mismo, los resultados obtenidos guardan relación con los expuestos por el (OEFA, 2018) en un reporte de supervisión técnica ambiental realizada en las zonas aledañas al punto de muestreo, donde, obtuvieron una concentración de 0.1285 mg/l, y también, con el estudio realizado por (Moreno, 2012) el cual obtiene como resultados de su investigación sobre caracterización de cuerpos de agua en la cuenca alta, media y baja del río Moche, una concentración de 0.145 mg/l de cadmio, valores muy similares al de nuestra investigación.

Para el presente estudio experimental se elaboró carbón activado teniendo como material precursor las cascadas de piña “*Annas comosus*”, lo cual es posible gracias al alto porcentaje lignocelulósico que posee nuestro material precursor, que representa un 80% (Jiménez, 2014); Se ha creído conveniente utilizar carbón activado de tipo en polvo (CAP), porque actúa de mejor manera que el granular, ya que según (Fombuena, 2010) menciona que el de tipo granular es mayormente usado para la reducción y/o eliminación de materia orgánica soluble, sólidos orgánicos y material particulado.

A partir de ello se puede dar por iniciado la etapa metodológica de nuestra investigación.

En la parte de la aplicación de los tratamientos para la investigación, las variables independientes: dosis de ácido fosfórico y peso de carbón activado fueron evaluadas en niveles de 3x2, donde en el Anexo 18. “Concentración final de cadmio (ppm)”, se visualiza los valores obtenidos durante los tratamientos de adsorción de

cadmio, dichos resultados fueron sometidos a pruebas estadísticas las cuales se muestran en el Anexo 20 “Pruebas de normalidad para la variable dosis de ácido fosfórico” y el Anexo 21. “Pruebas de normalidad para la variable peso”, Anexo 22. “Prueba de homogeneidad de varianzas (Supuesto de Levene)”, donde se comprueba que los datos siguen una distribución normal y por consiguiente se realizó la prueba ANOVA, la cual en la Tabla N°7: “Prueba de efectos inter-sujetos” se muestra que existe un efecto significativo por ambas variable en la adsorción de cadmio, tanto de forma individual como combinadas, (Marsh, 2006) y (Fombuena, 2010) reafirman lo antes mencionado, pues en sus investigaciones mencionan que estos parámetros influyen en el proceso de adsorción.

Al analizar la variable dosis del agente activante en otras palabras ácido fosfórico (H_3PO_4) agregado por cada gramo de carbón, las cuales se muestran en la Figura N°3. “Medias marginales para la adsorción de cadmio. (Dosis de H_3PO_4)”, podemos observar que los diferentes tratamientos evaluados en nuestra investigación se pueden dividir en dos rangos notoriamente diferentes, a medida que se incrementó la dosis del agente activante (ml H_3PO_4 /gramo carbón), de 2 a 4 se produce un aumento en el proceso de adsorción de cadmio, esta capacidad de adsorción del compuesto orgánico de nuestro carbón según el estudio de (López, 2014) y (Fombuena, 2010) depende fundamentalmente de la superficie interna (área superficial) que presenta, el volumen de los poros y de la distribución del tamaño del poro, además de la superficie química que esta presente, el cual resulta muy beneficioso en la adsorción de compuestos inorgánicos presentes en fases acuosas, esto se ve reflejado en la cantidad de cadmio final que obtenemos después de nuestros tratamientos las cuales se encuentran en el Anexo 18. “Concentración final de cadmio (ppm)”.

Por otro lado, en el rango de intervalo de 4 a 6 (ml H_3PO_4 /gramo carbón) se presenta que a medida que aumenta la dosis de ácido fosfórico se presenta una disminución en el proceso de adsorción, esto se debe a la cantidad de dosis de H_3PO_4 aplicado al carbón en el proceso de pretratamiento. Según (Fombuena, 2010) nos dice que en la superficie de carbón pueden encontrarse átomos distintos al carbono los cuales se les conoce como heteroátomos, los cuales dan lugar a diferentes grupos

funcionales los cuales tienden a desaparecer cuando se le añade 6 (ml H_3PO_4 /gramo carbón) y por consiguiente a tener una menor capacidad de adsorción.

En otras palabras, esta disminución de la capacidad de adsorción utilizando 6 (ml H_3PO_4 /gramo carbón) a comparación de los tratamientos que usaron 2 y 4 (ml H_3PO_4 /gramo carbón), se debe a que hay una reducción de la acidez superficial del carbón conforme se va aumentando de la dosis de ácido fosfórico. Es decir, mayor contenido del agente activante (H_3PO_4) hay un mayor contenido de fósforo y por tanto debería haber una mayor cantidad de centros ácidos; sin embargo, si nuestro carbón presenta un número limitado de centros ácidos o lugares donde se pueda realizar el proceso de adsorción, por teoría si se añade una mayor cantidad de fósforo esto podría ocasionar una sobresaturación en aquellas zonas de adsorción (centros ácidos) impidiendo su formación adecuada, causando una reducción en la acidez superficial de nuestro carbón. Este comportamiento también se presentó en el estudio de (Obregón, 2012).

Este comportamiento mostrado al variar la dosis de agente activante H_3PO_4 , similar al comportamiento resultante en la investigación de (Lavado, y otros, 2010) quien usando diferentes volúmenes de ácido fosfórico concluyó que las variaciones de dosis utilizadas por cada gramo de carbón tienen influencia en la cantidad de adsorción, disminuyendo a medida que aumenta la dosis del agente activante.

Con respecto al comportamiento de la variable peso del carbón activado mostrado en la Figura N°4. “Medias marginales para la adsorción de cadmio.(peso de carbón activado)”, el cual nos muestra que utilizando 2 y 4 (ml H_3PO_4 /gramo carbón) se dió una mayor capacidad en la adsorción de cadmio a medida que aumenta la cantidad aplicada de carbón activado, sin embargo, utilizando 6 (ml H_3PO_4 /gramo carbón) se puede apreciar que la capacidad de adsorción de cadmio disminuye estos resultados resultan similares a los obtenidos en el estudio de (Guzmán, 2018) quien usando diferentes pesos de carbón activado concluye que a mayor cantidad existe una menor capacidad de adsorción.

Y por último, la eficiencia de los tratamientos en el proceso de adsorción evaluando conjuntamente ambas variables: diferentes dosis de ácido fosfórico: 2, 4 y 6 (ml H_3PO_4 /g carbón) y pesos de carbón activado: 0.5 y 1 gramo, en un tiempo de 3 horas (180 minutos), mostrado en el Anexo 19. “Porcentaje de adsorción de cadmio

(%)”, indican que el tratamiento aplicado utilizando 1 gramo de carbón activado con 4 (ml H_3PO_4 /gramo carbón) como agente activante actúa de mejor manera comparado con los demás tratamientos, ya que fué posible obtener un resultado de un 98.73% de adsorción de cadmio, los resultados que se obtuvieron tienen coincidencias significativas con la investigación realizada por (Azahari, y otros, 2014), donde, el carbón activado de cascara de piña presentó un 90% de adsorción de cadmio en un tiempo de dos horas (120 minutos), las diferencias entre la investigación de Azahi con nuestra investigación se debe al periodo del tiempo de contacto, el cual según la investigación de (Fombuena, 2010), menciona que el tiempo de contacto que es uno de factores importantes en el proceso de adsorción, corroborando así la diferencia entre cantidades de porcentaje de adsorción.

De igual manera, el estudio realizado por (Arhuis, y otros, 2018) corroboran los resultados logrados en nuestra investigación, debido a que en ambas investigaciones se utilizó un peso de 1 gramo de carbón activado en 1 litro de agua, con un tiempo de contacto 3 horas (180 minutos), llegando a adsorber aproximadamente un 98.64% de cadmio.

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones que derivan de la presente investigación son las siguientes:

- El efecto de la dosificación de H_3PO_4 y peso del carbón activado de residuos de *Annas comosus* en la adsorción de Cadmio en la Qda. Colorada- Huamachuco es significativo en un 99% de confiabilidad.
- De los resultados obtenidos en los distintos tratamientos de acuerdo a las pruebas post – hoc se concluyó que la mejor dosis de ácido fosfórico para la adsorción de Cadmio es de 4 (ml/gramo de carbón).
- Además, respecto a la otra variable, se concluye como mejor peso la cantidad de 1 gramo ayudando de mejor manera en el proceso de adsorción de cadmio presente en las aguas de la quebrada Colorada.
- Se concluye que al realizar de manera conjunta las variables el mejor tratamiento es empelando 4 (ml H_3PO_4 /g de carbón) con 1 gramo de carbón activado, llegando a una mayor adsorción de Cadmio en un porcentaje de 98.73%.

VI. RECOMENDACIONES

Para las próximas investigaciones se recomienda lo siguiente:

- Realizar el mismo estudio utilizando el tratamiento que dio mejores resultados, pero adicionando un estudio basado en la evaluación de la influencia de pH y temperatura en la adsorción de cadmio.
- A la vez, realizar un estudio de las zonas activas de carbón.
- Finalmente, estudios basados en la adsorción de otros metales utilizando carbón activado a partir de cascaras de piña.

VII. REFERENCIAS

- ANA. 2016. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales. Lima : s.n., 2016. pág. 92.
- AQUINO, Pavel. 2017. Autoridad Nacional del Agua. ANA. [En línea] 10 de 2017. [Citado el: 06 de 04 de 2019.] <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/2806>. ISBN: 978-612-4210-50-1.
- ARDILA, Carolina, PALACIOS, Ángela y ZAPATA, Rolando. 2018. Scientific Electronic Library Online. SCIELO. [En línea] 10 de 04 de 2018. [Citado el: 02 de 05 de 2019.] <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v9n2/0121-7488-cide-9-02-161.pdf>. ISSN: 0121-7488.
- ARHUIS, Vanet y DORREGARAY, Hyilda. 2018. Aplicación de adsorbente de carbono preparados desde las cáscaras de la fruta piña (ananas comosus) para remover metales pesados (Cd²⁺, Pb²⁺) desde soluciones acuosas. [En línea] 2018. [Citado el: 08 de 10 de 2019.] <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4933/Dorregaray%20De%20La%20Cruz%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- AZAHARI, S, ROSMI, M y AHMAD, R. 2014. Adsorption of Cadmium from Aqueous Solution by Biomass: Comparison of Solid Pineapple Waste, Sugarcane Bagasse and Activated Carbon. Malaysia : Trans Tech Publications, 2014. ISSN: 1022-6680
- BANSAL, Roop. 2005. Activated Carbon Adsorption. s.l. : Taylor & Francis Group, 2005. pág. 170. ISBN 978-1-4200-2881-2.
- CACERES, Alejandra. CAJINA, Carlos et al. 2017. Carbón activado a base de cáscaras de piña. Repositorio Universidad nacional de Ingeniería. [En línea] 2017. [Citado el: 2019 de Agosto de 01.] <https://es.scribd.com/document/356574217/Pina-Proceso-industriales-docx>.
- CANCHUCAJA, Ana. 2018. Efectos urbano-ambientales producidos por la gestión de residuos sólidos del mercado de abastos “La Hermelinda” en el distrito de Trujillo, 2017. Tesis para obtener el grado académico (Maestra en Arquitectura). Escuela de Posgrado. Trujillo : s.n., 2018. pág. 153.
- DIEZ, Javier. 2008. Fitocorrección de suelos: Evaluación de plantas tolerantes y optimización. [En línea] 2008. [Citado el: 01 de 05 de 2019.] https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2540/9788498872026_content.pdf?sequence=1&isAllowed=y. ISBN: 978-84-9887-202-6

DINESH, Mohan y SINGH, Kunwar P. 2002. Single and multi component adsorption of cadmium and zinc using activated carbon derived from bagasse an agricultural waste. s.l. : Elsevier, 2002. ISSN: 0043-1354

FOMBUENA, M. 2010. Manual del carbón activo. Aguapedia. [En línea] 2010. [Citado el: 20 de 04 de 2019.] <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>. 89.

GUZMAN, Gustavo. 2018. “Remocion de molibdeno del agua del río challhuahuacho de cotabambas-apurimac con carbon activado de tusa de. Repositorio institucional UNA- Puno. [En línea] 2018. [Citado el: 02 de noviembre de 2019.] http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8532/Gustavo_Janqui_Guzman.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

HERNANDEZ,[et al]. 2014. Metodología de la investigacion, sexta edicion. [En línea] McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. [Citado el: 15 de mayo de 2019.] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcp/texson_a_gg/capitulo4.pdf. ISBN:978-1-4562-2396-0.

HUARANGA, Felix. 2012. Contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Moche 1980 – 2010, La Libertad. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : Scientia Agropecuaria, 2012. págs. 235-245. ISSN: 2306-6741.

JIMÉNEZ, José. 2014. Aprovechamiento de residuos celulósicos de piña para la produccion de carbón activado. . Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. 2014. pág. 54.

KADIRVELU, K. 2001. Removal of heavy metals from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural solid waste. s.l. : Elsevier, 2001. ISSN: 0960-8524

LA REPÚBLICA. 2014. Población consume agua contaminada con restos fecales y metales pesados. [En línea] 20 de 03 de 2014. [Citado el: 30 de 03 de 2019.] <https://larepublica.pe/archivo/780236-poblacion-consume-agua-contaminada-con-restos-fecales-y-metales-pesados>.

LAVADO, Carmencita y ROSARIO, Maria. 2010. SCIELO. Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H₃PO₄. [En línea] 2, Rev Soc Quím Perú. 76 (2) 2010, 18 de mayo de 2010. [Citado el: 2019 de noviembre de 18.] <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v76n2/a07v76n2.pdf>. ISSN: 1810-634X.

LEHNER, Richard. 1989. Planta piloto para carbón activado. Repositorio de la escuela superior politecnica del litoral. [En línea] septiembre de 1989. [Citado el: 2019 de abril de 04.] file:///E:/tesis/BIBLIOGRAFIA%20TESIS/LEHNER%20RICHARD%201989.pdf.

Lenntech. 2019. [En línea] 2019. [Citado el: 30 de 04 de 2019.] <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm>.

LEYVA, R, RANGEL, JR y MENDOZA, J. 1997. Adsorption of cadmium(II) from aqueous solution onto activated carbon. s.l. : IWA Publishing, 1997. ISSN: 0273-1223.

LÓPEZ, Liliana. 2014. Activación de carbones para aplicación en almacenamiento de gas natural vehicular (metano). Tesis para obtener el grado (Magister en Ingeniería Química). Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia. 2014. págs. 5-6.

MAESTRE, Roberto. 2011. "Carbones activados a partir de bagazo de caña de azúcar y zuro de maíz para la adsorción de cadmio y plomo". [En línea]. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 35 (1316). [Citado el: 25 de 04 de 2019.]. ISSN: 0370-3908.

MAESTRE, Rosa. 2017. "Adsorción e intercambio iónico dependiendo del tipo de procesos que tienen adsorbente y adsorbatos". [En línea] 2017. [Citado el: 25 de 04 de 2019.] <https://slideplayer.es/slide/11466950/>.

MANOSALVA, Keevin. 2016. Efecto del carbón activado en la turbidez del agua del río sector puente Moche – 2016. Trabajo de titulación (Ingeniero Ambiental). Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad César Vallejo. s.l. : Repositorio Institucional UCV, 2016. pág. 50.

MARSH, Harry. 2006. Activated Carbon. s.l. : Elsevier, 2006. págs. 328-329. ISBN: 0080444636.

MINAM. 2017. Decreto Supremo N° 004-2017. "Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias". 2017.

MORENO, Felix. 2012. Pollution by heavy metals in the Moche River Basin, 1980 - 2010, La Libertad - Peru. [En línea] Scientia Agropecuaria, 2012. [Citado el: 2019 de 08 de 05.] www.sci-agropecu.unitru.edu.pe. ISSN: 2306-6741.

NORDIC COUNCIL OF MINISTERS. 2003. Cadmium Review. s.l. : COWI, 2003. pág. 26.

OBREGÓN, Daniel. 2012. Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de Cadmio utilizando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje y de aceituna. Tesis para optar el Título (Licenciado en Química). Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : Repositorio Institucional PUCP, 2012. pág. 109.

OEFA. 2018. Pifa. Portal Pifa. [En línea] 27 de septiembre de 2018. [Citado el: 12 de junio de 2019.] <https://publico.oefa.gob.pe/Portalpifa/Intervenciones.do>.

OXFORD. 2019. Concentración. [En línea] 2019. [Citado el: 05 de 05 de 2019.] <https://es.oxforddictionaries.com/definicion/concentracion>.

PEÑA. 2012. Preparation of activated carbon from orange peel by chemical activation physical and chemical characterization. [En línea]. 16 de julio del 2012. [Citado el: 05 de 05 de 2019.] <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/39377/42002>. ISBN: 2357-3791.

PONCE, Efrain. 2005. Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora de agua embotellada. Adsorcion. [En línea] 2005. [Citado el: 30 de 04 de 2019.] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/.

REYES, Yulieth. 2016. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista de ingeniería. Vol. 16. Num: 2. Bogotá, Colombia. ISSN:2422-4324.

SANCHEZ, Carlos. 2017. Población, muestra, muestreo. Trujillo, Perú : s.n., 2017.

SÁNCHEZ, Gara. 2016. Ecotoxicología del Cadmio. Facultad de Farmacia, Universidad Complutense. 2016. pág. 23.

SEGAT. 2017. Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del área urbana del distrito de Trujillo. [En línea] 2017. [Citado el: 04 de 16 de 2019.] <sial.segat.gob.pe/download/file/fid/61353>.

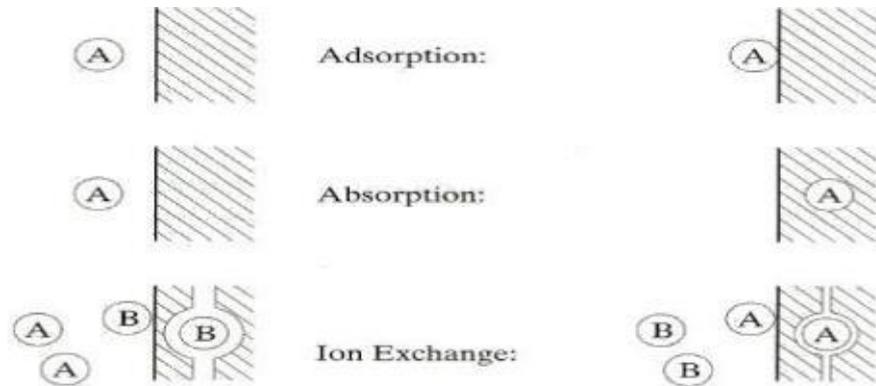
SUMIT, Thakur. 2015. Activated Carbon Adsorption. Studymafia. [En línea] 2015. [Citado el: 09 de 05 de 2019.] <http://studymafia.org/wp-content/uploads/2015/04/civil-Activated-Carbon-Adsorption-report.pdf>.

United Nations Environment Programme. 2015. [En línea] 2015. [Citado el: 15 de 04 de 2019.] https://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Publications/ISWA_Reports/GWMO_summary_web.pdf. ISBN: 978-92-807-3479-9.

WHO. Guidelines for drinking-water quality. Third edition.Vol1. [En línea] 2004. [Citado el: 19 de 05 de 2019.]. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf?ua=1. ISBN: 92-4-154638-7

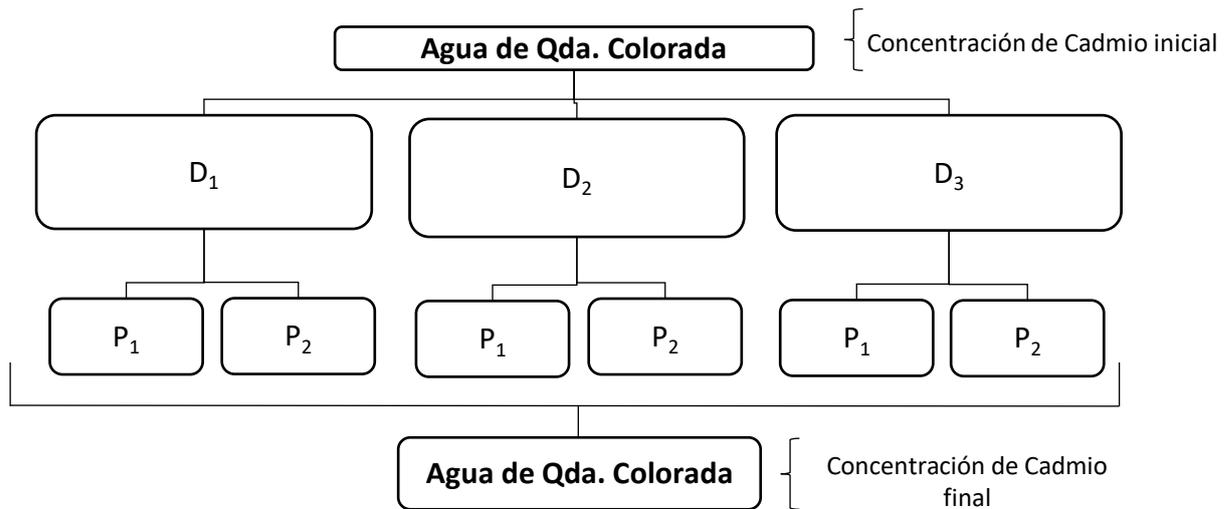
VIII. ANEXOS

Anexo 1. Diferencias entre las etapas de los procesos.



Fuente: (MAESTRE, 2017)

Anexo 2. Esquema experimental del diseño de investigación.

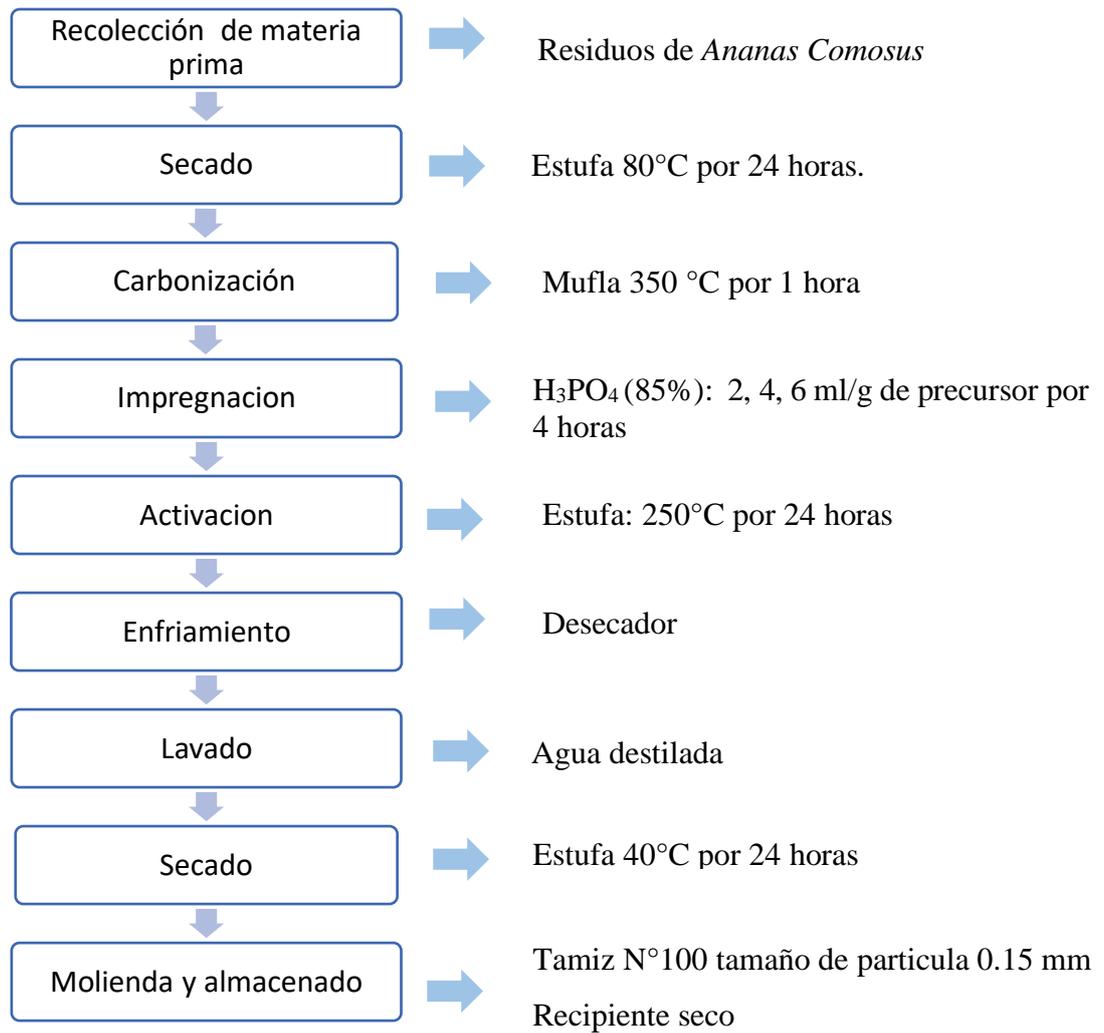


Fuente: Elaboración propia.

Dónde

- D₁: 2 (ml H₃PO₄ / gramo de carbón)
- D₂: 4 (ml H₃PO₄ / gramo de carbón)
- D₃: 6 (ml H₃PO₄ / gramo de carbón)
- P₁: 0.5 gramos de carbón activado.
- P₂: 1 gramos de carbón activado.

Anexo 3. Obtención del carbón activado



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Toma de la ubicación de punto de muestreo.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Aplicación del preservante a la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Materia prima seca.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Etapa de carbonización.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Pesaje del carbón.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9. Medición del volumen de H_3PO_4 .



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Etapa de lavado del carbón activado.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Lavado de carbon activado.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12. Etapa de secado del carbón activado.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13. Aplicación del carbón activado



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14. Registro de datos de campo.

Registro de datos de campo – Según el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos superficiales.
(ANA.2016).

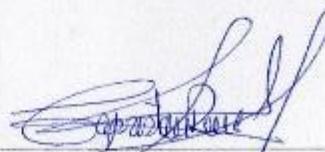
Cuenca: MARañÓN Realizado por: LEIVA CAPRISTAN, LUIS RENE

AAA/ALA: HUAMACHUCO Responsable: RAMIREZ ACOSTA / LEIVA CAPRISTAN

Punto monitoreo	Descripción /Ubicación	Localidad	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura	Observaciones
					Norte	Este		
R-1	Qda. Colorada	Huamachuco	Sánchez Carrión	LA LIBERTAD	9133363	828834	3260	—

⁽¹⁾ Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas de acuerdo al sistema UTM en lo que respecta a puntos en cuerpo de agua continental.

⁽²⁾ Las observaciones en campo se refieren, a características atípicas, por ejemplo: coloración del agua, si hay abundante alga o vegetación, si tiene residuos generados por actividades humanas, si presenta fauna entre otros factores que puedan modificar la característica natural del cuerpo de agua.



FIRMA DEL RESPONSABLE

Fuente: Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA, 2016).

Anexo 15. Resultado de la primera repetición de los tratamientos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: LUIS RENE LEIVA CAPRISTAN YESSENIA MIRELLA RAMIREZ ACOSTA
PROYECTO	: "EFECTO DE LA DOSIFICACION DE H ₃ PO ₄ Y PESO DEL CARBON ACTIVADO DE RESIDUOS DE ANANAS COMOSUS EN LA ADSORCION DE CADMIO EN LA QUEBRADA COLORADA HUAMACHUCO 2019"
FECHA DE INGRESO	: 30 DE OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS DE MUESTRAS: CUADRO RESUMEN

TRATAMIENTOS	VOLUMEN DE ÁCIDO FOSFÓRICO (ml)	PESO DE CARBÓN ACTIVADO (gramos)	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/L)
1 VIC1	2	0.5	0.0340
2 VIC2	2	1	0.0211
3 V2C1	4	0.5	0.0217
4 V2C2	4	1	0.0009
5 V3C1	6	0.5	0.0430
6 V3C2	6	1	0.0615

MÉTODO DE ANÁLISIS: ABSORCIÓN ATÓMICA
%error: 0.05

TRUJILLO 05 DE NOVIEMBRE DEL 2019




Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
949178550 - 949959632 - RPM: *0056432

Fuente: Laboratorio de servicios a la comunidad e investigación LASACI.

Anexo 16. Resultado de la primera repetición de los tratamientos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

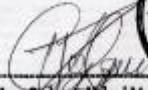
SOLICITANTE	: LUIS RENE LEIVA CAPRISTAN YESSENIA MIRELLA RAMIREZ ACOSTA
PROYECTO	: "EFECTO DE LA DOSIFICACION DE H ₃ PO ₄ Y PESO DEL CARBON ACTIVADO DE RESIDUOS DE ANANAS COMOSUS EN LA ADSORCION DE CADMIO EN LA QUEBRADA COLORADA HUAMACHUCO 2019"
FECHA DE INGRESO	: 05 DE NOVIEMBRE DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS DE MUESTRAS: CUADRO RESUMEN

TRATAMIENTOS	VOLUMEN DE ÁCIDO FOSFÓRICO (ml)	PESO DE CARBÓN ACTIVADO (gramos)	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/L)
1 V1C1	2	0.5	0.0322
2 V1C2	2	1	0.0226
3 V2C1	4	0.5	0.0243
4 V2C2	4	1	0.0017
5 V3C1	6	0.5	0.0379
6 V3C2	6	1	0.0623

MÉTODO DE ANÁLISIS: ABSORCIÓN ATÓMICA
%error: 0.05

TRUJILLO 08 DE NOVIEMBRE DEL 2019




Ing. Carlos A. Yáñez Mendoza
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
949178550 - 949959632 - RPM: *0056432

Fuente: Laboratorio de servicios a la comunidad e investigación LASACI.

Anexo 17. Resultado de la primera repetición de los tratamientos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI
INFORME DE ANALISIS

SOLICITANTE	: LUIS RENE LEIVA CAPRISTAN YESSENIA MIRELLA RAMIREZ ACOSTA
PROYECTO	: "EFECTO DE LA DOSIFICACION DE H ₃ PO ₄ Y PESO DEL CARBON ACTIVADO DE RESIDUOS DE ANANAS COMOSUS EN LA ADSORCION DE CADMIO EN LA QUEBRADA COLORADA HUAMACHUCO 2019"
FECHA DE INGRESO	: 08 DE NOVIEMBRE DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS DE MUESTRAS: CUADRO RESUMEN

TRATAMIENTOS	VOLUMEN DE ÁCIDO FOSFÓRICO (ml)	PESO DE CARBÓN ACTIVADO (gramos)	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/L)
1 VIC1	2	0.5	0.0315
2 VIC2	2	1	0.0142
3 V2C1	4	0.5	0.0290
4 V2C2	4	1	0.0013
5 V3C1	6	0.5	0.0417
6 V3C2	6	1	0.0659

MÉTODO DE ANÁLISIS: ABSORCIÓN ATÓMICA
%error: 0.05

TRUJILLO 12 DE NOVIEMBRE DEL 2019




Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
949178550 - 949959632 - RPM: *0056432

Fuente: Laboratorio de servicios a la comunidad e investigación LASACI.

Anexo 18. “Concentración final de cadmio (ppm)”

Cantidad de carbón activado de Piña	Volumen de Ácido fosfórico		
	2	4	6
0.5	0.0340	0.0217	0.0430
	0.0322	0.0243	0.0379
	0.0315	0.0290	0.0417
Promedio	0.0326	0.0250	0.0409
1.0	0.0211	0.0009	0.0615
	0.0226	0.0017	0.0623
	0.0142	0.0013	0.0659
Promedio	0.0193	0.0013	0.0632

Fuente: Elaboración propia.

En la Anexo 18 se observan los resultados de la concentración de cadmio final después de la aplicación de los diferentes tratamientos realizados utilizando dosis de ácido fosfórico 2, 4 y 6 (ml H₃PO₄/gramo carbón) y peso de carbón activado con sus respectivas repeticiones, estos resultados muestran que hay menor cantidad de cadmio al utilizar 4 (ml H₃PO₄/gramo carbón) y 1 gramo de peso de carbón activado.

Anexo 19. “Porcentaje de adsorción de cadmio (%)”

Cantidad de carbón activado de Piña	Volumen de Ácido fosfórico		
	2	4	6
0.5	66.6993	78.7463	57.8844
	68.4623	76.1998	62.8795
	69.1479	71.5965	59.1577
Promedio	68.1032	75.5142	59.9739
1.0	79.3340	99.1185	39.7649
	77.8648	98.3350	38.9814
	86.0921	98.7267	35.4554
Promedio	81.0970	98.7267	38.0673

Fuente: Elaboración propia.

En la Anexo 19, se muestran los resultados de porcentaje de adsorción de cadmio presente en la quebrada Colorada post aplicación del carbón activado de Ananas

Comosus, procesados mediante la formula localizada en la Tabla N°1, los cuales demuestran demuestran que la mejor adsorción fue en el tratamiento utilizando de agente activante 4 (ml H₃PO₄/gramo carbón) con 1 gramo de carbón activado.

Anexo 20. “Prueba de normalidad de la variable volumen

	Volumen	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% Adsorción	2,0000	,900	6	,372
	4,0000	,794	6	,052
	6,0000	,833	6	,114

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS 23v

Ho: El efecto del volumen de acido fosfórico por cada gramo de carbón sigue una distribución normal.

H1: El efecto del volumen de acido fosfórico por cada gramo de carbón no sigue una distribución normal.

Se acepta la hipótesis nula.

Anexo 21. “Prueba de normalidad de la variable peso

	Peso	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
% Adsorción	,5000	,964	9	,837
	1,0000	,814	9	,029

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS 23v

Ho: El efecto del peso de carbón activado sigue una distribución normal.

H1: El efecto del peso de carbón activado no sigue una distribución normal.

Se acepta la hipótesis nula.

Anexo 22. “Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene).

Variable dependiente: % Adsorción

F	df1	df2	Sig.
2,876	5	12	,062

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.^a

Fuente: IBM SPSS 23v

Ho: El efecto del volumen de ácido fosfórico por cada gramo de carbón y el peso de carbón activado para el % de adsorción es homogéneo.

H1: El efecto del volumen de ácido fosfórico por cada gramo de carbón y el peso de carbón activado para el % de adsorción no es homogéneo.

Anexo 23. “Pruebas post-hoc”

		%Adsorción			
	Volumen	N	Subconjunto		
			1	2	3
	6,0000	6	49,020550		
HSD Tukey^{a,b}	2,0000	6		74,600067	
	4,0000	6			87,120467
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Fuente: IBM SPSS 23v

En el Anexo 23, se muestra las pruebas post hoc “comparaciones múltiples” con respecto al volumen dando como resultado que el mejor tratamiento es utilizando 4 (ml H₃PO₄/gramo carbón), en la etapa de pretratamiento del carbón activado. Con respecto a la variable peso no se realizó las pruebas post hoc por tener menos de 3 grupos experimentales.