



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Eficiencia de la cáscara de castaña y limón para la remoción de cromo y plomo en una
curtiembre de ate vitarte – 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Artica Mejia, Mayra Kiara (ORCID: 0000-0003-2256-5013)

Sierra Ortiz, Sarita Priscila (ORCID: 0000-0002-3962-7121)

ASESOR:

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA- PERÚ

2019

Dedicatoria:

Se lo dedicamos a Dios, que ilumina mi camino y me brinda la sabiduría necesaria para afrontar este reto académico. A mis padres Carmen y Walter por su apoyo incondicional y a mi familia por todo el cariño y apoyo moral brindado durante mi formación universitaria.

Mayra Kiara Artica Mejia

Dedico esta investigación a Dios, a mis padres José y María por el apoyo brindado en toda mi etapa universitaria. A mis hermanos por el aliento y motivación constante. A todas aquellas personas que me acompañaron, apoyaron y fueron mi motivación y soporte durante todo el camino para lograr mis objetivos.

Sarita Priscila Sierra Ortiz

Agradecimiento:

Queremos agradecer especialmente a nuestro asesor de tesis, el Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera, por el apoyo, consejo y paciencia durante el desarrollo de la investigación.

A nuestros docentes que a lo largo de nuestra vida universitaria nos brindaron los conocimientos, lineamiento y sugerencias para lograr ser unas excelentes profesionales.

Finalmente, a la Universidad César Vallejo por todo el apoyo institucional brindado durante nuestro desarrollo universitario y, además por aarnos proporcionado sus laboratorios para el desarrollo de nuestra tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	21
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	21
2.2 Operacionalización de variable.....	22
2.3 Población, muestra y muestreo.....	23
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	23
2.5 Procedimiento.....	25
2.6 Métodos de análisis de datos.....	28
2.7 Aspectos éticos.....	28
III. RESULTADOS.....	29
IV. DISCUSIÓN.....	57
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS.....	72
ANEXO I: INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE MUESTRA.....	72
ANEXO II: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO.....	75
ANEXO III: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	87
ANEXO IV: PROCESO DE LA CURTIEMBRE.....	88
ANEXO V: FTIR DE LA CÁSCARA DE CASTAÑA.....	89
ANEXO VI: FTIR DE LA CÁSCARA DE LIMÓN.....	91
ANEXO VII: INFORME DE ENSAYO.....	93
ANEXO VIII: RESULTADOS DE ANÁLISIS.....	94

ANEXO IX: TABLAS DE RESULTADOS	101
ANEXO X: RESULTADO DE DLS.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentraciones de iones metálicos presentes en los Ríos de Bogotá-Colombia.	1
Figura 2. Proceso de remoción de Cr y Pb	25
Figura 3. Proceso de obtención de las biomásas	25
Figura 4. Proceso de obtención del bioadsorbente a partir de la cáscara de castaña.....	26
Figura 5. Proceso de obtención del bioadsorbente a partir de la cáscara de limón	27
Figura 6. pH óptimo de la cáscara de castaña.....	29
Figura 7. pH óptimo de la cáscara de limón	30
Figura 8. Concentración óptima de la cáscara de castaña	31
Figura 9. Concentración óptima de la cáscara de limón.....	32
Figura 10. Distribución del tamaño de la partícula de la cáscara de limón, analizado por DLS	34
Figura 11. Principales bandas presentes en la biomasa (cáscara de castaña).....	36
Figura 12. Principales bandas presentes en la biomasa (cáscara de limón)	38
Figura 13. Gráfico de medias de remoción de cromo respecto a las concentraciones aplicadas de cáscara de castaña.....	49
Figura 14. Gráfico de medias de remoción de plomo respecto a las concentraciones aplicadas de cáscara de castaña.....	50
Figura 15. Gráfico de medias de remoción de cromo respecto a las concentraciones aplicadas de cáscara de limón	53
Figura 16. Gráfico de medias de remoción de plomo respecto a las concentraciones aplicadas de cáscara de limón	54
Figura 17. Proceso de la industria de la curtiembre.	88
Figura 18. FT-IR del biomaterial (cáscara de castaña).....	89
Figura 19. FT-IR del bioadsorbente	89
Figura 20. FT-IR de la adsorción.....	90
Figura 21. FT-IR del biomaterial (cáscara de limón)	91
Figura 22. FT-IR del bioadsorbente	91
Figura 23. FT-IR de la adsorción.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operalización de Variables.....	22
Tabla 2. Resultados del pH óptimo de la cáscara de castaña para la remoción de Cr ⁺⁶ y Pb.....	29
Tabla 3. Resultados del pH óptimo de la cáscara de limón para la remoción de Cr ⁺⁶ y Pb.....	30
Tabla 4. Resultados de la concentración óptima de la cáscara de castaña para la remoción de Cr ⁺⁶ y Pb	31
Tabla 5. Resultados de la concentración óptima de la cáscara de limón para la remoción de Cr ⁺⁶ y Pb	32
Tabla 6. Resultados del % de humedad y % de ceniza de las cáscaras de castaña y limón	33
Tabla 7. Caracterización textural de la cáscara de castaña.....	35
Tabla 8. Posibles grupos funcionales encontrados en la cáscara de castaña.	36
Tabla 9. Posibles grupos funcionales encontrados en la cáscara de limón.....	38
Tabla 10. Prueba de Normalidad de remoción de Cr ⁺⁶ y Pb respecto al pH de cáscara de castaña	40
Tabla 11. Anova de un factor de remoción de Cr ⁺⁶ y Pb respecto al pH de cáscara castaña	41
Tabla 12. HSD Tukey- Remoción de cromo respecto al pH de cáscara de castaña.....	41
Tabla 13. HSD Tukey- Remoción de plomo respecto al pH de cáscara de castaña.....	42
Tabla 14. Prueba de Normalidad de remoción de Cr ⁺⁶ y Pb respecto al pH de cáscara de limón	43
Tabla 15. Anova de un factor de remoción de Cr ⁺⁶ y Pb respecto al pH de cáscara de limón	44
Tabla 16. HSD Tukey- Remoción de cromo respecto al pH de cáscara de limón	45
Tabla 17. HSD Tukey- Remoción de plomo respecto al pH de cáscara de limón	45
Tabla 18. Prueba de Normalidad de remoción de Cr ⁺⁶ y Pb respecto a la concentración de cáscara de castaña.....	47
Tabla 19. Anova de un factor de remoción de Cr ⁺⁶ y Pb respecto a la concentración aplicada	48
Tabla 20. HSD Tukey- Remoción de cromo	48
Tabla 21. HSD Tukey- Remoción plomo.....	49
Tabla 22. Prueba de Normalidad de remoción de Cr ⁺⁶ y Pb respecto a la concentración de cáscara de limón	51

Tabla 23. Anova de un factor de remoción de Cr ⁺⁶ y Pb respecto a la concentración de cáscara de limón.....	52
Tabla 24. HSD Tukey- Remoción de cromo	53
Tabla 25. HSD Tukey- Remoción de plomo	54
Tabla 26. Resultados de pH óptimo de la cáscara de castaña para la remoción de Cr ⁺⁶ y Pb	101
Tabla 27. Resultados del pH óptimo de la cáscara de limón para la remoción de Cr ⁺⁶ y Pb	102
Tabla 28. Resultados de la concentración óptima de la cáscara de castaña para la remoción de Cr ⁺⁶ y Pb.....	103
Tabla 29. Resultados de la concentración óptima de la cáscara de limón para la remoción de Cr ⁺⁶ y Pb.....	103

RESUMEN

Este trabajo de investigación fue realizado con el objetivo de determinar que bioadsorbente (cáscara de castaña y limón) presenta mayor eficiencia de remoción de cromo (Cr^{+6}) y plomo (Pb) presentes en efluentes procedentes de la industria curtidora. Los bioadsorbentes son materiales biológicos, que sometidos a procesos fisicoquímicos logran potenciar su capacidad de adsorción. El cromo es un componente presente en los procesos de pigmentos y curtido, dentro la industria curtidora. El plomo es un mineral que se encuentra presente en los efluentes de la curtiembre. Debido a, la contaminación del aire causada durante los procesos realizados por la industria metal mecánica. El tipo de investigación fue aplicada con enfoque cuantitativo y diseño experimental. La población estuvo compuesta por los efluentes provenientes de la industria de la curtiembre, y la muestra fue representada por 3 litros. Los instrumentos empleados para la medición de los indicadores a cuantificar fueron: Fichas de muestreo, control del pH y del porcentaje de remoción de metales pesados. Se realizó la determinación del pH óptimo para cada bioadsorbente (cáscara de castaña y limón), para ello, se trabajó con los siguientes valores de pH: 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 y 6. Después, de identificar el pH óptimo, se procedió a determinar la concentración óptima de cada bioadsorbente, para lo cual se evaluó la máxima adsorción de cromo y plomo trabajando con las siguientes concentraciones: 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 y 6g. La adsorción de Cr y Pb fue verificada por análisis de FTIR, antes y después de la interacción. Los resultados obtenidos fueron: La cáscara de limón tuvo un porcentaje de eficiencia de remoción de Cr del 88,10% a condiciones de pH, dosis y tiempo de contacto de 5, 4,5 g/L y 3h, respectivamente. Ya, para el plomo alcanzó una eficiencia de remoción del 91,35% a pH 5, dosis de 5 g/L y tiempo de contacto de 3h. Mientras, la cáscara de castaña alcanzó un % de eficiencia de remoción de Cr del 87,78 % a condiciones de pH, dosis y tiempo de contacto de 5, 5 g/L y 4h, respectivamente. Ya, para el plomo alcanzó una eficiencia del 87,09% a pH 5, dosis de 4,5 g/L y tiempo de contacto de 4h. Finalmente, se concluye que los bioadsorbentes elaborados a partir de cáscara de castaña y limón tienen gran potencial en la adsorción de Cr^{+6} y Pb y pueden ser aplicados en efluentes de industrias curtidoras.

Palabras claves: Bioadsorbente, adsorción, eficiencia, cromo, plomo.

ABSTRACT

This research work was done with the objective of determining that bioadsorbent (chestnut shell and lemon peel) showed more efficient removal of chromium (Cr+6) and lead (Pb) present in effluents from the tanning industry. Bioadsorbents are biological materials, which subjected to physico-chemical processes, get to increase their capacity. Chromium is a component present in pigment and tanning processes, within the tanning industry. Lead is a mineral that is present in the tannery effluents. Due to, the air pollution caused during the processes carried out by the mechanical metal industry. The type of research was applied with a quantitative approach and experimental design. The population was composed of effluents from the tannery industry, and the sample was represented by 3 liters. The instruments used to measure the indicators to be quantified were: Records of sample, pH control and control of the percentage of heavy metals. The optimal pH determination was performed for each bioadsorbent (chestnut and lemon peel), for this purpose, the following pH values were worked on: 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 and 6. After identifying the pH optimal, the optimal concentration of each bioadsorbent was determined, for which the maximum adsorption of chromium and lead was evaluated by working with the following concentrations: 3g, 3.5g, 4g, 4.5g, 5g, 5.5g and 6g. The adsorption of Cr and Pb was verified by FTIR analysis, before and after the interaction. The results obtained were: The lemon peel has a Cr removal efficiency of 88.10% at conditions of pH, dose and contact time of 5, 4.5 g / L and 3h, respectively. Yes, for lead it reached a removal efficiency of 91.35% at pH 5, a dose of 5 g / L and a contact time of 3 hours. Meanwhile, chestnut peel reaches a Cr removal efficiency of 87.78% at conditions of pH, dose and contact time of 5.5 g / L and 4h, respectively. Yes, for lead it reached an efficiency of 87.09% at pH 5, dose of 4.5 g / L and contact time of 4h. Finally, it is concluded that bioadsorbent made from chestnut shell and lemon peel have great potential in the adsorption of Cr+6 and Pb and could be applied in effluents from tanning industries.

Keywords: Bioadsorbent, adsorption, efficiency, chromium, lead.

I. INTRODUCCIÓN

Para poder comprender la magnitud del daño ocasionado por la falta de tratamiento de efluentes producidos por la industria de la curtiembre, es preciso analizar las condiciones en las que se encuentran dichas industrias en el mundo. Entre los contaminantes más frecuentes tenemos las concentraciones de cromo y de plomo. Por lo tanto, es necesario realizar análisis para estimar la concentración de dichos metales y de esa manera poder evidenciar el grado de contaminación en el que se encuentra el sistema hídrico.

En Bogotá- Colombia se encuentra ubicada la curtiembre “San Benito”, que según los estudios realizados genera un efluente con concentraciones con metales que exceden los límites máximos permisibles. Según ORTIZ Y CARMONA (2014), gran parte de los efluentes industriales descargados por la curtiembre San Benito presentan concentraciones de cromo III de 2,000 a 8,000 mg/L generando contaminación en sus aguas y por consecuencia alterando el hábitat acuático del río Tunjuelo, el cual recibe diariamente un aproximado de 200 Kg de cromo III proveniente de dicha curtiembre. En la Figura 1 se presentan los resultados de análisis del sistema hídrico de Bogotá, donde el Río Tunjuelo presenta las concentraciones más elevadas de cromo y plomo con valores de 0,73 y 0,07 respectivamente.

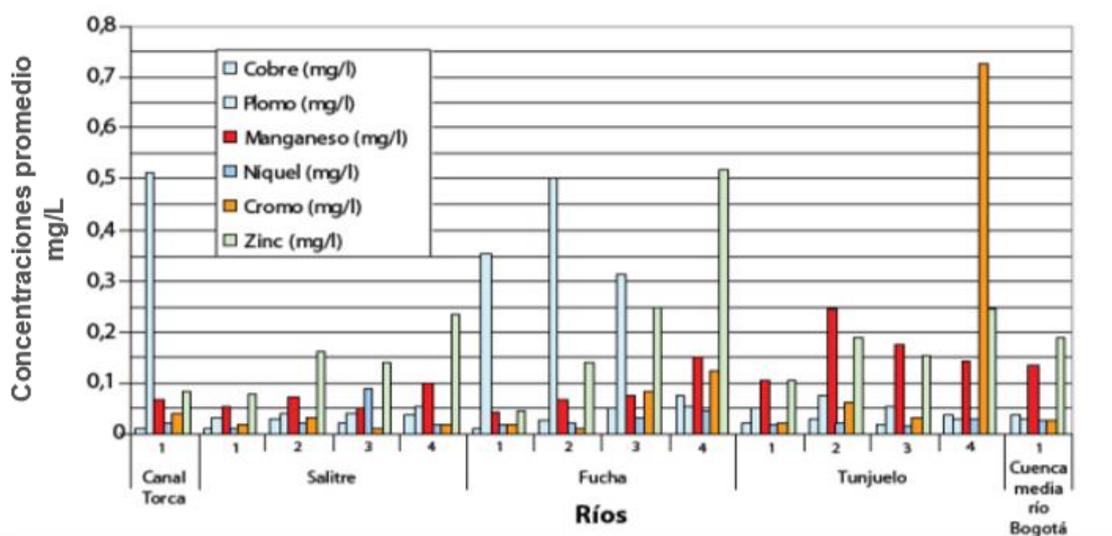


Figura 1. Concentraciones de iones metálicos presentes en los Ríos de Bogotá-Colombia (Ortiz y Carmona 2014).

Ecuador, es otro de los países que presenta aguas contaminadas producto de los efluentes de curtiembre, con concentraciones de cromo y de plomo que superan los estándares establecidos, generando la desestabilización de ecosistemas acuáticos que conforman los ríos Estero Salado y Mejillones. En los estudios realizados por ALCIVAR Y MOSQUERA (2011) mediante un molusco *Cerithidea valida*, se determinó que los iones metálicos de cromo y de plomo presentes en el río Estero Salado fueron de 0,075 y 0,019 respectivamente. Ya para el río Mejillones las concentraciones de cromo y de plomo fueron de 0,104 y 0,004 respectivamente.

En Lima-Perú, también se realizaron estudios sobre contaminación por curtiembres. OCHOA (2003) determinó mediante la caracterización del efluente líquido de la curtiembre “La Unión”, que dicha industria presenta en sus efluentes concentraciones de cromo hexavalente de 1,76 mg/L que superan los estándares establecidos.

Por otro lado, en Puno- Perú se realizaron investigaciones en el río Ananea con el fin de estimar el nivel de contaminación que presenta dicho río. PARI (2017), realizó análisis al río Ananea con la finalidad de medir la acumulación de iones de cromo y plomo presentes en el río durante los meses de marzo, junio y agosto. La concentración de cromo y de plomo que se registraron en dichos periodos fueron de 0,5; 0,8 y 1 mg/L en el caso de cromo y de 0,2; 0,5; 0,8 mg/L en el caso de plomo.

La problemática de este proyecto de investigación reside en el escaso tratamiento de aguas residuales industriales producidas por la curtiembre ubicada en el distrito de Ate Vitarte. Dicha curtiembre emplea un sistema de rejillas para la retención de residuos como pelos, viruta, carnaza entre otros; siendo esta una disposición sólo para la retención de sólidos más no para sus efluentes que son descargadas a la red de alcantarillado sin ningún tratamiento previo. Es por ello, que se pretende realizar un tratamiento de aguas industriales mediante la aplicación de bioadsorbentes como la cáscara de castaña y limón para la remoción de iones metálicos como cromo y plomo presentes en sus efluentes.

La realización de la presente investigación se inició con una revisión a los diferentes trabajos que guardan relación, entre ellos:

SWETA, Mohan et al. (2015), en la investigación “*Synthesis of CuO nanoparticles through the green route using lemon Citrus juice and its application as a nanosorbent for the remediation of Cr VI*” realizado en la India, estudiaron la síntesis de nanopartículas de óxido cúprico (CuONP) a través de una ruta verde utilizando extracto de jugo de limón como un bioconductor para la eliminación de Cr (VI) en agua residual mediante el método de adsorción en modo discontinuo a diferentes concentraciones iniciales de Cr (VI), pH, temperatura y dosis de CuONPs. Los CuONPs fueron sintetizados mediante espectroscopía de UV-visible, FTIR, difracción de rayos X y microscopía electrónica de transmisión. Se determinó que la capacidad de captación máxima que presenta el óxido cúprico es de 16,63 g/L de Cr (VI) a pH 4,0 y temperatura 37,1 ° C.

YUANYUAN, Huang et al. (2018) en el estudio “*Use of Pretreated Chestnut Endothelium to Adsorb Lead Ions and Water Cadmium*” realizado en China, investigaron la naturaleza del endotelio de castaña como excelente potencial de material biosorbente para la remoción de iones de metales pesados provenientes de soluciones acuosas. El endotelio fue tratado previamente con formaldehído, ácido cis-butenodioico e irradiación, con el fin de incrementar la capacidad de adsorción de iones de metales pesados. Mediante el modelo termodinámico y cinético se determinó que el pH óptimo de adsorción fue de 3. Las concentraciones óptimas de endotelio de castaña para remover plomo y cadmio fueron de 52,91 mg/g y 51,28 mg/g, respectivamente, alcanzando remociones del 89,76% y 98,90% respectivamente.

CETINKAYA, Sema et al. (2018), en la investigación “*Comparative Adsorption of Pb (II) and Cd (II) Ions on Chestnut Shell in Aqueous System*” realizado en Turquía, estudiaron la cáscara de castaña como biosorbente para la eliminación de iones de Pb (II) y Cd (II) presentes en soluciones acuosas. El proceso de adsorción con cáscara de castaña fue endotérmico ($\Delta H^\circ_{ads} > 0$), teniendo en cuenta parámetros termodinámicos, tales como energía libre estándar (ΔG°) y entalpía estándar (ΔH°). Se realizó el cálculo de la entropía (ΔS°) del proceso de adsorción. El adsorbente preparado se caracterizó por análisis de SEM, EDX y TGA. Se determinó mediante la isoterma Freundlich que la capacidad máxima de adsorción de iones de Pb (II) y Cd (II) fue de 541,25 mg/g y 75,86 mg / g respectivamente.

PARLAYICI, Serife y PEHLIVAN, Erol (2015), en la investigación “*Natural Biosorbents (Garlic Stem and Horse Chesnut Shell) for Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solutions*” realizado en Turquía, estudiaron el uso del tallo de ajo (GS) y la cáscara de castaña (HCS) para la bioadsorción de Cr (VI) en muestras de agua residual. Se determinó por medio de la isoterma de Langmuir y de Freundlich que la capacidad de adsorción del tallo de ajo (GS) y la cáscara de castaña (HCS) es de 103,09 mg / g y 142,85 mg / g respectivamente. La eliminación de cromo hexavalente se alcanzó en un periodo de tiempo de 6 h para GS y 2 h para HCS. El porcentaje máximo de remoción de Cr (VI) fue de 72 % con GS y de 95% con HCS.

DEDAN, Esther et al. (2018), en la investigación “*Effect of Cd (II) And Cu (II) On The Removal Of Pb (II), From Aqueous Solution By Chemically Modified Fruit Waste Adsorbents*” realizado en Kenia, estudiaron la eficiencia de absorción de Pb (II) en muestras de agua industrial mediante el empleo de cáscara de sandía, limón y semillas de aguacate. Para esto, la cáscara de sandía, limón y las semillas de aguacate fueron sometidas a los procesos de MWP, MLP y MAS respectivamente. Se determinó mediante los procesos de espectroscopia infrarroja (FT-IR), electrónico de barrido (SEM) y transformada de Fourier que la remoción de Pb (II) con cáscara de sandía, limón y las semillas de aguacate fue de 130,23 mg / g, 87,24mg / g y 70,45mg / g respectivamente.

SUMALATHA, B. et al. (2018), en el estudio “*Experimental Investigation on Biosorption of Chromium from Aqueous Solution using Citrus limonium peel: Optimization of Process Parameters using Central Composite Design*” realizado en la India, estudiaron la cáscara de limón como potencial biosorbente para la eliminación de iones de Cr⁶⁺ presentes en efluentes industriales. Para esto, el bioadsorbente fue sometido a un proceso de agitación de equilibrio por un periodo de 75 min en un agitador orbital a 180 RPM. Se determinó mediante el modelo de Freundlich que la capacidad de captación de la cáscara de limón es de 19,6 mg Cr⁶⁺/ g, presentando una eliminación porcentual de cromo hexavalente del 91,18%, a un pH óptimo de 5,0 y concentración de 4,5 g/L.

LAURA, Virginia (2018), en el estudio “Estudio de la determinación de la actividad floculante en aguas provenientes del río Chili conteniendo As y Cr tratados con pectina obtenidos a partir de la cáscara de naranja, limón y mandarina”

realizado en Perú, investigó materiales biológicos como la cáscara de naranja, limón y mandarina para la remoción de As y Cr en muestras de agua residual industrial. Para esto, los bioadsorbentes fueron sometidos a los procesos de lavado, secado, triturado y desmetoxilación. Se determinó que la capacidad de remoción de arsénico 7,65% respectivamente. La capacidad de remoción arsénico y cromo con pectina de limón a pH de 6,55 fue del 43,64% y 64,95% respectivamente. Además, presentaron características físicas tales como el % de humedad y ceniza, para el caso de la pectina de naranja presenta un % de humedad de 13,14 y un % de ceniza de 9,73; la pectina de limón tienen un % de humedad de 6,55 y un % de ceniza de 12,57, mientras que la pectina de mandarina cuenta con un % de humedad de 5,55 y un % de ceniza de 9,39. La capacidad de remoción arsénico y cromo con pectina de mandarina a pH de 5,55 fue del 40,89% y 41,76% respectivamente y tamaño de partícula de 0,04mm.

LINARES, Jane (2018), en la investigación “Remoción de iones plomo (II) de aguas sintéticas mediante el biosorbente obtenido de la cáscara de castaña” realizado en Perú, estudió la cáscara de castaña como bioadsorbente para la remoción de iones de plomo (II) en muestras de solución acuosa. Para esto, el bioadsorbente fue sometido a los procesos de limpieza, lavado, secado, molienda, tamizado, pre-incineración y carbonización. Se caracterizó las propiedades físico-químicas de la cáscara de castaña por medio de la determinación de ceniza, humedad, pH, microscopía electrónica de barrido. Mediante la isoterma Langmuir se determinó que la dosis óptima de remoción de plomo (II) fue de 4 a 6 g; a pH de 4,5 a 5,5; % de humedad de 16,465 y % de ceniza de 3,409.

YUANYUAN, Renbang et al. (2018), en la investigación “*Using Pretreated Chestnut Endothelium to Adsorb Lead and Cadmium Ions From Water*” realizado en China, pretrataron el endotelio de la castaña con ácido formaldehído, ácido cis-butenodioico e irradiación, con la finalidad de mejorar su capacidad de adsorción en metales pesados. Determinaron mediante el modelo termodinámico y cinético que la remoción de Pb^{2+} alcanzó un 73,36% de eficiencia a condiciones óptimas de temperatura de adsorción de 59,23 °C, tiempo de adsorción de 5,72 h y pH de 6,16. La remoción de Cd^{2+} alcanzó un 98,90% de eficiencia a condiciones óptimas de temperatura de adsorción de 55,93 °C, tiempo de adsorción de 4,43 h y pH de 6,06.

VASQUEZ, Gonzalo et al. (2009), en el estudio “*Chestnut Shell as Heavy Metal Adsorbent: Optimization Study of Lead, Copper and Zinc Cations Removal*” realizado en España, estudiaron la cáscara de castaña pretratada con ácido formaldehído para la eliminación de Pb^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+} en muestras de solución acuosa. Para esto, el bioadsorbente fue sometido a los análisis de FT-IR y XPS con la finalidad de estimar los posibles grupos funcionales involucrados en la captación de metal. Se determinó mediante la isoterma de Langmuir que la capacidad máxima de absorción de Pb^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+} fueron de 8,5; 5,5 y 2,4 mg/g respectivamente.

RANE, N. et al. (2019), en la investigación “*Adsorption of Hexavalent Chromium from Wastewater by Using Sweetlime and Lemon Peel Powder by Batch Studies*” realizado en la India, estudiaron el empleo de lima dulce y polvo de cáscara de limón para la adsorción de cromo hexavalente en muestras de agua residual. Para la determinación de la morfología y el grupo funcional de los adsorbentes se realizaron análisis de SEM y FT-IR. Determinaron mediante la isoterma de Langmuir que la capacidad máxima de adsorción de Cr (VI) es del 90%, a una dosis adsorbente, pH y velocidad de agitación de 5g, 1,25 y 180 rpm respectivamente.

RAZAFSHA, Aysouda et al. (2016) en el estudio “*Removal of Heavy Metals from Oryza sativa Rice by Sour Lemon Peel as Bio-sorbent*” realizado en Irán, estudiaron la capacidad de biosorción de metales pesados presentes en soluciones acuosas mediante el empleo de muestras de arroz de tipo *Oryza Sativa* enjuagadas con NaCl y zumo agrio de limón. Las muestras de soluciones acuosas tratadas con los bioadsorbentes fueron analizadas por el método de digestión húmeda utilizando HNO_3 y HCl. Determinaron mediante espectrofotómetro de absorción atómica que la capacidad de remoción de cadmio, níquel y plomo fue del 96,4%, 67,9% y 90,11% respectivamente.

TAPIA, P. et al. (2018), en la investigación “*Remoción de Iones Cobre y Níquel con Cáscara de Maní*” realizado en Chile, utilizaron la cáscara de maní para la remoción de iones de Cu (II) y Ni (II) en muestras de agua residual. Para esto, el bioadsorbente fue sometido a pruebas de remoción simultánea con monocomponente y bicomponente. Determinaron que la capacidad de adsorción de níquel y cobre fue del 47,6 % y 68,3 %, respectivamente. Dicha remoción fue lograda a condiciones óptimas de pH 3,00 para ambos metales, durante un periodo de 60 min para níquel y 30 min para cobre.

MOHAMMED, Thamer y IBRAHIM, Raheek (2016), en la investigación “*Remediation of Cu (II) from Well Water of Iraq by Using Cortex of Fruits and Agricultural Waste*” realizado en Irak, estudiaron materiales de desecho como la cáscara de sandía, limón y plátano en la eliminación de Cu (II) en muestras de aguas subterráneas. Para esto, los materiales biológicos fueron sometidos a procesos de micrografía FTIR y SEM para la determinación de la capacidad de absorción. Determinaron mediante los modelos de Langmuir y de Freundlich que la eficiencia de remoción de la cáscara de sandía, limón y plátano fue del 90%, 78%, 65% respectivamente.

MOHAMMAD, Sayed et al. (2014) en la investigación “*Removal of Pb (II) Ions and Malachite Green dye From Wastewater by Activated Carbon Produced from Lemon Peel*” realizado en Irán, estudiaron la eliminación del tinte MG (malaquita) y los iones Pb (II) en muestras de agua residual. Para esto, se preparó carbón activado mediante activación química de cáscara de limón con H₃PO₄. Determinaron mediante las isotermas de Freundlich y Langmuir que la capacidad máxima de adsorción de los iones de Pb (II) y el colorante de malaquita fue de 90,91 y 66,67 mg/ g respectivamente.

TOMUL, Fatma et al. (2018), en el estudio “*Removal of Lead (II) from Water by Agro-Industrial by-Products Adsorbent*” realizado en Turquía, aprovecharon la cáscara de nuez y de limón como absorbentes para la eliminación de Pb (II) en muestras de agua residual. Para esto, los bioadsorbentes fueron caracterizados mediante análisis de SEMEDS y FTIR. Determinaron mediante la isoterma de Freundlich que la capacidad máxima de absorción de Pb (II) fue de 95,02% y 95,81%, donde las condiciones óptimas de pH y tiempo fueron de 8 y 180 min respectivamente.

ERTAS, Raziye et al. (2012), en el estudio “*Removal of lead from aqueous solutions by using chestnut shell as an adsorbent*” realizado en Turquía, estudiaron el empleo de la cáscara de castaña para la absorción de plomo en muestras de solución acuosa. Determinaron mediante el modelado isotérmico de Freundlich y de Langmuir que la dosis óptima del adsorbente, la velocidad de agitación y el pH fueron de 1 g / 50 mL, 200 rpm y 5,00 respectivamente.

SAINI, Jyoti et al. (2018), en la investigación “*Green synthesized SiO₂ - OPW nanocomposites for enhanced Lead (II) removal from wáter*” realizado en la India,

estudiaron la cáscara de naranja (OPW) modificada con nanoesferas de sílice para generar un nanocompuesto (SiO_2 - OPW) capaz de optimizar la absorción de iones de Pb^{2+} presentes en aguas residuales. El SiO_2 - OPW fue sometido a procesos de XRD, FT-IR, TEM, SEM y EDX; con la finalidad de cuantificar la capacidad de absorción. Finalmente, mediante el modelo de isoterma de Langmuir se determinó que la capacidad máxima de adsorción de plomo (II) con SiO_2 - OPW fue de 200,0 mg / g; a dosis del adsorbente de 0,02 g / L; pH 6,0; y tiempo de contacto 60 min.

SHRIDHAR, Bagali et al. (2017), en la investigación “*Optimization, Kinetics, and Equilibrium Studies on the Removal of Lead (II) from an Aqueous Solution Using Banana Pseudostem as an Adsorbent*” realizado en la India, estudiaron el empleo de polvo de pseudotallo de banano para la eliminación de plomo (II) presente en agua residual. Este biomaterial fue sometido a procesos de microscopía electrónica de barrido ambiental (ESEM) e infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR), con la finalidad de evaluar su capacidad de remoción de iones de plomo. Finalmente, mediante la isoterma de Langmuir se determinó que la capacidad de adsorción de Pb^{2+} fue de 34,21 mg/g⁻¹, la cual representa una eliminación de plomo (II) del 89%, a una dosis óptima del adsorbente de 2,5 g /L y a pH 5,2.

JIE, Luo et al. (2016), en el estudio “*Hidrothermal synthesis of sodalite on alkali-activated coal fly ash for removal of lead ions*” realizado en China, se investigó la remoción de iones Pb^{2+} en muestras de solución acuosa mediante el empleo de sodalita. La cual fue preparada mediante el método de fusión alcalina-desilicación-hidrotermal empleando cenizas como materia prima. La sodalita fue sometida a los procesos de difracción de rayos X y microscopio electrónico de barrido para evaluar su capacidad de absorción de plomo. Por último, mediante a isoterma de Langmuir se determinó que a una dosis de 2 g / L de sodalita se alcanzó una tasa de eliminación del 99% de iones de plomo, con una capacidad de adsorción máxima de 157,2 mg / g.

ASHRAF, Ali et al. (2016), en el estudio “*Removal of chromium (VI) from aqueous medium using chemically modified banana peels as efficient low-cost adsorbent*” realizado en Pakistan, se investigó la cáscara de plátano como adsorbente de cromo hexavalente en muestras de solución acuosa. La cáscara de plátano (GBP) fue tratada con HCl al 10% y NaOH al 10%. Además, fue hidrolizada empleando clorato de sodio (NaClO_3) en presencia de peróxido de hidrógeno y ácido acético

glacial. Para finalizar, mediante el empleo de la isoterma de Freundlich y Langmuir se determinó que la adsorción de Cr (VI) con (GBP) fue del 96%, a condiciones óptimas de pH, dosis de adsorbente y tiempo de 3, 4 g / l y 120 min respectivamente.

ABDELKADER, Iddou et al. (2010), en la investigación “*Biosorptive removal of lead (II) ions from aqueous solutions using Cystoseira stricta biomass: Study of the surface modification effect*” realizado en Algeria, analizaron una especie de alga marina marrón (*Cystoseira stricta*) con la finalidad de estudiar sus capacidades de biosorción de Pb (II) en muestras de soluciones acuosas. El alga marrón fue tratada con concentraciones de H₂SO₄ al 1 M: CS y NaOH al 1 M: CB, con el propósito de optimizar su capacidad de absorción. Por último, mediante el modelo de adsorción de Langmuir se determinó que la capacidad de absorción de iones de plomo fue de 65 mg/ g⁻¹ a una temperatura óptima de 50 ° C.

ZAHARADDEEN, Garba et al. (2015), en la investigación “*Optimization of adsorption conditions using central composite design for the removal of copper (II) and lead (II) by defatted papaya seed*” realizado en Nigeria, estudiaron las semillas de papaya desgrasadas (DPS) como material bioadsorbente para la eliminación de Cu (II) y Pb (II) en muestras de solución acuosa. Se empleó un diseño de compuesto central (CCD) y modelos cuadráticos con la finalidad de cuantificar el porcentaje de eliminación de Cu (II) y de Pb (II). Finalmente, mediante el modelo de isoterma de Langmuir se determinó que la capacidad de remoción de Cu (II) y Pb (II) fueron de 17,29 y 53,02 mg / g respectivamente. Las condiciones de adsorción óptimas obtenidas fueron la dosis de adsorbente de 0,30 g y velocidad de agitación de 180 rpm.

MAHMOUD, Fathy et al. (2019), en el estudio “*Synthesis and applications of CaCO₃/HPC core-shell composite subject to heavy metals adsorption processes*” realizado en Egipto, se preparó un nuevo adsorbente compuesto de CaCO₃ / HPC para la adsorción de iones de Pb (II) y de Co (III) en muestras de soluciones acuosas mediante el proceso de coprecipitación. El adsorbente (CaCO₃ / HPC) fue sometido a los procesos de XRD (difracción de rayos X), SEM (microscopía electrónica de barrido), Raman, FTIR (espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier) y BET. Las condiciones óptimas que presentó el adsorbente fueron pH 6 para Pb (II) y 5,5 para Co (III); tiempo 5 minutos y temperatura de 25 ° C.

Además, mediante la isoterma de Langmuir se determinó que la capacidad máxima de adsorción de Pb (II) y Co (III) fueron de 677.6 mg / g y 308.5 mg / g, respectivamente.

SHAHI, Meena et al. (2016), en el estudio “*Removal of hexavalent chromium Cr (VI) using activated carbon prepared from mango kernel activated with H₃PO₄*” realizado en la India, estudiaron carbón activado preparado a partir de grano de mango para la adsorción de Cr (VI) en muestras de solución acuosa. Los granos de mango fueron secados y pulverizados, para luego ser tratados con H₃PO₄ al 40% y carbonizados a 600 ° C por un periodo de 1 hora. Finalmente, mediante el la isoterma de Langmuir se determinó que la capacidad de adsorción máxima de Cr (VI) fue de 7.8 mg. g⁻¹ a pH 2 y temperatura 35 ° C.

HUSSEIN, Al-Qahtani et al. (2018), en la investigación “*Potential use of green algae as a biosorbent for hexavalent chromium removal from aqueous solutions*” realizado en Arabia Saudita, se evaluó el uso potencial de tres algas verdes (*Cladophora glomerata*, *Enteromorpha intestinalis* y *Microspora amoena*) como biosorbentes para la eliminación de Cr (VI) en soluciones acuosas. Mediante el uso de la isoterma de Langmuir y Freundlich se determinó que el alga *Cladophora glomerata* registró una remoción de cromo hexavalente del 66.6%, superior a los otros dos tipos de algas en estudio, a condiciones de dosis, pH y temperatura de 1,0 g; 2,00 y 60 min respectivamente.

MONIKA, Jain et al. (2018), en el estudio “*Development of iron oxide/activated carbon nanoparticle composite for the removal of Cr (VI), Cu (II) and Cd (II) ions from aqueous solution*” realizado en Taiwan, investigaron el potencial de adsorción de nanopartículas de Fe₃O₄ y Fe₃O₄ / AC para la eliminación de Cr (VI), Cu (II) y Cd (II) en muestras de solución acuosa. Estas nanopartículas fueron sometidas a los procesos de BET, FTIR, XRD, SEM / TEM y VSM para determinar su capacidad de absorción. Finalmente, mediante la isoterma de Langmuir, Freundlich y Redlich-Peterson se determinó que las condiciones óptimas para la eliminación de estos iones fueron pH 2,00 para Cr (VI) y 6 para Cu (II) y Cd (II), dosis de nanopartículas 50 mg / 10 ml, temperatura 25 ± 1 ° C, velocidad de agitación 180 rpm y tiempo de contacto 3 h. Además, las nanopartículas de Fe₃O₄ y Fe₃O₄ / AC alcanzaron una capacidad máxima de adsorción de 8,06 mg/ g⁻¹ para Cr (VI), 3,2 mg/ g⁻¹ para Cu (II) y 2,15 mg.g⁻¹ para Cd (II).

KAILAS, Doke y EJAZUDDIN, Khan (2012), en el estudio “*Equilibrium, kinetic and diffusion mechanism of Cr (VI) adsorption onto activated carbon derived from wood apple Shell*” realizado en la India, estudiaron carbón activado a partir de cáscara de manzana para la absorción de Cr (VI) en muestras de soluciones acuosas. La cáscara de manzana fue sometida al proceso de activación mediante H_2SO_4 y tratamiento térmico en mufla a $600\text{ }^\circ\text{C}$ durante 2 h. Finalmente, mediante la aplicación de la isoterma de Freundlich y Langmuir se determinó que la eficiencia y capacidad de absorción de Cr (VI) fue del 95% y $151,51\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente a pH 5.8 y dosis del carbón activado de $3,25\text{ g/l}$.

HASSAN, Albishri et al. (2013), en la investigación “*Eriochrome Blue Black modified activated carbon as solid phase extractor for removal of Pb (II) ions from water samples*” realizado en Arabia, investigaron carbón activado (AC) modificado físicamente con Eriochrome Blue Black (EBB) para la remoción de Pb (II) en muestras de solución acuosa. Además, el adsorbente fue sometido a procesos de FT-IR y SEM con la finalidad de determinar su capacidad de absorción. Por último, mediante la isoterma de Langmuir se determinó que la capacidad de máxima de absorción de Pb (II) con AC fue de 127.89 mg/g a condiciones óptimas de pH 7,00 y tiempo de contacto de 1h.

SUN-KOU, María del Rosario et al. (2014) en el estudio “*Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje*” realizado en Pontificia Universidad Católica del Perú, investigaron la semilla de aguaje como biomaterial empleado para la preparación de carbones activados, para ello se realizó la activación química empleando H_3PO_4 a concentraciones de $0,75$ y $1,0\text{ g/g}$. Seguidamente se carbonizó el material impregnando para emplearlo en la adsorción de plomo, cadmio y cromo. Finalmente, mediante la isoterma Redlich-Peterson se determinó que la capacidad máxima de absorción de plomo fue $74,8\text{ mg/g}$, cadmio $26,5\text{ mg/g}$ y cromo $18,8\text{ mg/g}$; ello a un pH óptimo de $5; 6,5$ respectivamente.

S.A. Shama y M.A. Gad (2010) en el estudio “*Removal of Heavy Metals (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} and Cd^{2+}) from Aqueous Solutions by Using Hebba Clay and “Activated Carbon”*” realizado en Egipto, investigaron la capacidad de absorción del carbón activado en la remoción de Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} y Cd^{2+} en muestras de solución acuosa. El material biológico fue sometido a procesos

de pre incineración, activación química y carbonización. Finalmente, mediante la isoterma de Langmuir y de Freundlich se determinó que la remoción de concentraciones de iones metálicos presenta el siguiente orden $Cd^{2+} < Zn^{2+} < Cu^{2+} < Pb^{2+} < Cr^{6+} < Fe^{3+}$; a condiciones de pH y tiempo de absorción de 4,86 y 4 horas de agitación respectivamente.

JAIN, Monica et al. (2018) en la investigación *“Development of iron oxide/activated carbon nanoparticle composite for the removal of Cr (VI), Cu (II) and Cd (II) ions from aqueous solution”* realizado en la India, estudiaron la elaboración de óxido de hierro / carbón activado (Fe_3O_4 / AC) para la eliminación de iones Cr (VI), Cu (II) y Cd (II) en muestras de solución acuosa. Para lo cual, las nanopartículas con carbón activado fueron caracterizadas por BET, FTIR, XRD, SEM / TEM y VSM. Finalmente, mediante la isoterma Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson y el modelo de difusión intrapartícula determinaron que las condiciones óptimas de pH fueron de 2 para Cr (VI) y 6 para Cu (II) y Cd (II); dosis de nanopartículas de 50 mg / 10 ml y tiempo de contacto de 3 horas.

GANG, Yu et al. (2019) en el estudio *“Steam-treated CeO_2 - ZrO_2 /activated carbon fibers for the efficient removal of Pb (II) from aqueous solutions”* realizada en China, estudiaron fibras de carbón activado (ACF) recubiertas con CeO_2 - ZrO_2 para la remoción de Pb (II) en muestras de soluciones acuosas. Analizaron los estados químicos de la superficie y el rendimiento de adsorción, demostrando que los CeO_2 - ZrO_2 / ACF tratados con vapor poseían un área de superficie superior a los $783,23 \text{ m}^2 \cdot \text{G}^{-1}$ y volumen de poros de $0,41 \text{ cm}^3 \cdot \text{G}^{-1}$. Finalmente, se determinó que la capacidad de absorción de plomo fue de $61,54 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ a condiciones óptimas de pH y temperatura de 6,5 y 25°C respectivamente.

XAVIER, Gracieli et al. (2019) en la investigación *“Preparation and application of Zero Valent Iron immobilized in Activated Carbon for removal of hexavalent Chromium from synthetic effluent”* realizada en Brazil, estudiaron el ZVI sintetizado por el método de reducción química e inmovilizado con carbón activado. El compuesto formado PAC-ZVI se usó como adsorbente para la eliminación de Cr (VI) en muestras de soluciones sintéticas preparadas con dicromato de potasio. Finalmente, mediante la isoterma de Freundlich se determinó que la eficiencia en la remoción de Cr (VI) se logró a condiciones óptimas de pH y tiempo de contacto de 3 y 60 minutos respectivamente.

PRIMERA, Oliva et al. (2011) en el estudio “*Carbones activados a partir de bagazo de caña de azúcar y zuro de maíz para la adsorción de cadmio y plomo*” realizado en Colombia, investigaron la elaboración de carbones activados con bagazo de caña de azúcar y zuro de maíz con el objetivo de remover Pb y Cd. Para lo cual, el bagazo y zuro de maíz fueron carbonizados a temperatura de 400°C durante un periodo de 1 hora, así mismo fueron activados con H₃PO₄. Finalmente, se determinó que las condiciones óptimas de remoción para dicho carbón activado son a pH 2,9 y 6,5; área superficial de 778 m²/g y 369 m²/g; e intercambio iónico de 0.070 meq/g para el caso de zuro de maíz y caña de azúcar respectivamente.

TU, Biyang et al. (2019) en el estudio “*Efficient removal of aqueous hexavalent chromium by activated carbon derived from Bermuda grass*” realizado en China, estudiaron un tipo de pasto denominado Bermuda para lograr una síntesis entre dicho pasto y el carbón activado derivado del mismo (BGAC); para esto se empleó hidróxido de potasio con la finalidad de incrementar los poros de este carbón. El BGAC fue caracterizado empleando análisis de microscopía electrónica de barrido, BET, dispersión de rayos X y espectroscopia de fotoelectrones. Finalmente, se determinó mediante la isoterma de Langmuir que la absorción de cromo hexavalente presente en solución acuosa alcanzó una adsorción óptima de 403,23 mg g⁻¹.

LAVADO, Carmencita et al. (2012) en la investigación “*Remoción de cromo (VI) empleando carbones preparados por activación química a partir de las astillas de eucalipto*” realizado en Colombia, estudiaron carbones activados empelados en la remoción de cromo hexavalente presente en solución acuosa. Este carbón fue activado químicamente con H₃PO₄ para luego ser carbonizados a una temperatura de 600°C, luego de su preparación, estos carbones fueron caracterizados mediante FTIR. Finalmente, mediante la isoterma de Langmuir se determinó que la adsorción de Cr⁶⁺ fue de 75,2 mg/g, a características de: pH 5,24, área superficial de 761,1m²/g, área mesoporosa de 84,16 m²/g y volumen del poro de 0,50cm³/g.

TEJADA, Candelaria et al. (2014) en el estudio “*Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico*” realizado en Colombia, analizaron que, mediante el empleo de diversos residuos agroindustriales como la cáscara de cacao, piña, naranja, entre otras se logra la adsorción, es decir la cáscara de estos biomateriales permite la captación de iones metálicos con el fin de lograr

una reducción de su concentración en diferentes solución acuosa o efluentes industriales. Por lo cual, es preciso determinar algunas características que influyen en este proceso tales como el pH, tamaño de partícula, temperatura y la concentración del metal. Se concluye, determinado que la cauterización de estas biomazas con la finalidad de determinar su estructura que permite la adsorción se consigue mediante análisis como FTIR, SEM, BET, dispersión de rayos X y espectroscopia de fotoelectrones.

QUINTALES, Cristina y TAVARES, Teresa (2017) en la investigación “*Removal of chromium(VI) and cadmium(II) from aqueous solution by a bacterial biofilm supported on granular activated carbon*” desarrollada en Portugal, estudiaron una biopelícula bacteriana sintetizada con carbón activado granular para la remoción de cromo y cadmio en muestras de solución acuosa. Para lo cual, dicho carbón activado fue activado químicamente con H_3PO_4 y caracterizado mediante el análisis BET. Finalmente, mediante la isoterma Langmuir se determinó que las captaciones finales de cromo fueron de $8,5 \text{ mg. g}^{-1}$ y de cadmio de 4.2 mg. g^{-1} ; a condiciones óptimas de pH 4,37 y 5,35 para Cr y Cd respectivamente.

Después de una breve revisión de los antecedentes, se presentan como teorías relacionadas al tema de investigación, principales conceptos como: **bioadsorción** de metales pesados, siendo este un proceso que consiste en la captación de contaminantes presentes en soluciones acuosas a través de un material biológico. Para ello, el bioadsorbente es sometido a mecanismos fisicoquímico o metabólicos. El primer mecanismo consiste en la bioadsorción de iones metálicos en el interior de las células del biomaterial. El segundo mecanismo de bioadsorción iónica se desarrolla en la superficie de la célula del biomaterial, este proceso puede desarrollarse por intercambio iónico, precipitación, complejación o atracción electrostática (PINZÓN Y VERA, 2009). Dicha remoción se consigue mediante el empleo de bioadsorbentes, los cuales son considerados como materiales biológicos conformados por algas, plantas, bacterias, hongos y residuos agroindustriales que son sometidos a procesos fisicoquímicos (coagulación, floculación, carbón activado, entre otros) de bajo costo y asequible con la finalidad de poder optimizar su capacidad de adsorción en la eliminación o remoción de iones metálicos (TEJADA, VILLABONA Y GARCÉS, 2014).

Dentro de los principales parámetros que influyen en la bioadsorción tenemos a la

temperatura, ello debido a que cuando las temperaturas son extremas causan cambios en la textura del bioadsorbente, generando su deterioro y como consecuencia la disminución de la capacidad de absorción (TEJADA, VILLABONA Y GARCÉS, 2014). Otro parámetro a considerar durante la bioadsorción es el **pH**, ello debido a que los metales pesados son elementos electropositivos que transfieren cargas positivas al adsorbente con la finalidad de lograr la adsorción. La remoción de iones metálicos se incrementa gracias al aumento de niveles de pH, y la captación máxima de metales es evidenciado en la escala de pH ácido (TEJADA, VILLABONA Y GARCÉS, 2014). Y, el efecto del **tamaño de la partícula** durante el proceso de absorción, debido a que la cantidad de adsorbato que se logre absorber es directamente proporcional a su volumen. Por lo tanto, a mayor área interna (cantidad de poros) del adsorbente mejor será la eficiencia en la remoción de metales pesados (TEJADA, VILLABONA Y GARCÉS, 2014).

Esta investigación consiste en determinar cuál de los 2 biomateriales (cáscara de castaña y limón) empleados para la remoción de Cr y Pb presentes en efluentes de curtiembre tendrá mayor eficiencia de remoción.

La **cáscara de castaña** como precursor para la elaboración del bioadsorbente presenta las siguientes características: tiene una medida de 9 a 15 cm de diámetros, su peso varía entre 0,5 a 2,5 gramos. Este fruto contiene en su interior de 10 a 25 semillas que son las almendras blancas, éstas se encuentran recubiertas por una capa fina de color marrón que presenta una medida de 4 a 7 centímetros de longitud (DELGADO, 2018). La remoción de Cr y Pb depende fundamentalmente del elevado grado de porosidad y alta superficie interna que presentan estos materiales. Dichas características sumado a la naturaleza química de los átomos de carbono logran la capacidad de atraer y atrapar iones metálicos mediante el proceso de absorción. El biomaterial es sometido a los **procesos de lavado, secado, pre-incineración**: la cual tiene por finalidad la eliminación de la humedad del material biológico. Seguido de la activación química mediante el empleo de ácido fosfórico, el cual tiene la función de un catalizador que promueve la deshidratación e hidrólisis. Además, el empleo de H_3PO_4 genera polifosforicos y aguas responsables de acelerar la carbonización de compuestos volátiles, generando de esta manera el aumento de porosidad en la superficie del biomaterial. Finalmente, la cáscara de este biomaterial impregnada con el ácido es sometida a **carbonización**, proceso que

se realiza a altas temperatura, con el fin de lograr la oxidación total de la biomasa para la reducción de la volatilización y la obtención de mayor rendimiento del carbón producido (PINZÓN Y VERA, 2009).

La **cáscara de limón**, la cual es conocida también como lima ácida, lima gallega, limón ceutí, limón mexicano, limón peruano, limón criollo o limón de pica, pertenece a la clasificación de las limas, aunque en países como Perú y Ecuador se lo conoce al limón con el nombre científico de citrus limonium (MARSHALL Y ESPINOZA, 2016). La bioadsorción a partir de pectinas ocurre cuando los cationes de los metales pesados se unen mediante interacciones electrostáticas a las zonas aniónicas de la pared celular. Estas zonas aniónicas se emplean como mecanismos de absorción, debido a la presencia de los grupos carboxilos y oxidrilo que constituyen parte de la estructura molecular de la pectina (MARSHALL Y ESPINOZA, 2016). Para conseguir la bioadsorción de cromo y plomo, la cáscara de limón es sometida a **procesos de lavado, secado y triturado**. Luego, se realiza la agitación de la biomasa con etanol con el fin de extraer las partículas y polímeros de desecho, facilitando la obtención de pectinas. Seguido, se realiza **la reticulación** que consiste en agitar el biomaterial con una solución de cloruro de calcio, este último cumple la función de formar cadenas poligalacturónicas que unidas al calcio son responsables de la remoción de iones metálicos.

Los biomateriales tratados serán empleados para la remoción de metales pesados en muestras de efluentes producido por la industria curtidora, este efluente es el resultado de las etapas por las cuales pasan las pieles, la cual inicia con la **etapa de ribera**: En este proceso se da la eliminación del pelo. Para lo cual, se utiliza cal y sulfuro de sodio con la finalidad de eliminar el pelo que cubre a la piel. **Remojo**: En este proceso se quita la sal, humedad, tierra, sangre, estiércol y materia orgánica a las pieles. Para ello, se utiliza grandes volúmenes de agua junto a hipoclorito de sodio, agentes tenso activos, preparaciones enzimáticas e hidróxido de sodio. **Pelambre**: En este proceso las pieles son tratadas en una disolución de sulfuros en medio alcalino, con la finalidad de liberar los pelos de la piel. **Desencalado**: Aquí se realiza el lavado de la piel para la remoción de sulfuro y de cal. Para ello, se emplean ácidos orgánicos (H_2SO_4 , HCl , $C_3H_6O_3$, CH_2O_2 , H_3BO_3), peróxido de hidrógeno, el bisulfito de sodio, sales de amonio, azúcares y ácido sulfoftálico. **Descarnado**: Es el proceso en donde se retira la grasa natural del tejido. Los residuos retirados presentan un elevado porcentaje de humedad. **Desengrase**: En

esta etapa se producen descargas de líquidos que contienen solventes, agentes tenso activos y materia orgánica. Además, se emplean monoclorobenceno, kerosene y percloroetileno con la finalidad de endurecer la piel.

Etapa de piquelado: En esta etapa se realiza el acondicionamiento químico de la piel para que pase al proceso de curtido, para ello se emplea el ácido fórmico y sulfúrico. Ello, ocasiona la adición de protones en los grupos carboxílicos, generando la expansión del curtiente hacia el interior de la piel (GUZMÁN, Katherine y LUJÁN, Marcos, 2010). **Etapa de curtido:** Fase en la que se fija el colágeno de la piel por medio de los agentes curtientes vegetales o minerales. En este proceso se utilizan sales de cromo trivalente (Cr^{+3}) en diferentes proporciones con la finalidad de lograr que el cuero resulte flexible, delgado y suave. (GUZMÁN, Katherine y LUJÁN, Marcos, 2010). **Procesos húmedos de post – curtición:** En esta fase se realiza la reprocesamiento del colágeno, con la finalidad de variar las características del cuero. Para lo cual, se añade otros curtientes mezclados con cromo. Además, en este proceso se da el teñido, neutralización y engrasado del cuero (GUZMÁN, Katherine y LUJÁN, Marcos, 2010). Por último, la **etapa de secado y terminación:** En esta etapa final, los cueros que han sido recurtidos pasan por el proceso de desaguado y retención del exceso de humedad, para luego ser sometidos al proceso de estirado y secado (GUZMÁN, Katherine y LUJÁN, Marcos, 2010).

Los metales pesados que se removerán mediante la aplicación de las biomasas son el Cr y Pb, que se encuentran en los efluentes de curtiembre. El cromo, es un componente presente en las rocas, suelos y plantas. Además, pueden mezclarse con otros elementos para formar diferentes compuestos. En el ámbito de la industria, este elemento y sus componentes contienen una variedad de empleos que engloba los procesos de pigmentos textiles, procesos de curtido, aleaciones, catalizadores, baterías, entre otras aplicaciones (MOLINA, AGUILAR Y CORDOVEZ, 2010).

El plomo, es un metal gris-azulado que se puede encontrar en la naturaleza, en pequeñas cantidades sobre la corteza terrestre. Además, se encuentra presente en el aire producto de actividades industriales como la manufactura, la minería y quema de combustibles fósiles. El plomo puede emplearse en la fabricación de baterías y en la elaboración de láminas de seguridad contra los rayos X (MOLINA, AGUILAR Y CORDOVEZ, 2010).

Como ya es sabido los metales pesados (Cr y Pb) generan efectos perjudiciales a la salud del hombre. Dentro de los principales efectos generados por la presencia de cromo en efluentes industriales tenemos: la inflamación del recubrimiento de la parte interna de las fosas nasales, segregación nasal y la dificultad para respirar lo cual ocasiona asma, falta de aliento, tos y respiración jadeante (MOLINA, AGUILAR Y CORDOVEZ, 2010). Según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha señalado que los componentes del cromo hexavalente son cancerígenos en seres humanos. Además de las afecciones para respirar también puede ocasionar dermatitis en la piel y en otros casos ocasiona cáncer a los pulmones. Por otro lado, la presencia de plomo en efluentes de curtiembre ocasiona daños al sistema nervioso, siendo los adultos y niños los más propensos. Además, se han reportado casos de anemia y problemas en los riñones debido a la exposición prolongada con el metal. En el caso de mujeres gestantes, al ser expuestas a concentraciones de plomo ocasionan en ellas abortos. En el caso de los hombres ha provocado la alteración de la producción de espermatozoides (CORDOVEZ, 2010).

Sin embargo, no solo estos metales causan afecciones al hombre si no también generan una polución en cuerpos de agua.

En el caso del cromo, la contaminación surge debido a que los efluentes industriales con concentraciones de cromo sedimentan en cuerpos de agua (MOLINA, AGUILAR Y CORDOVEZ, 2010). En cuanto al plomo, la polución del agua se da por los vertimientos de efluentes industriales que contienen iones de plomo derivados de la industria curtidora. Además, las partículas del suelo contaminadas con Pb son arrastradas hacia los cuerpos de agua mediante los procesos de erosión (MOLINA, AGUILAR Y CORDOVEZ, 2010).

La problemática de esta investigación se dividió en 1 problema general y 4 problema específico. Como problema general tenemos: ¿Cuál de los bioadsorbentes (cáscara de castaña y limón) tiene mayor eficiencia en la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?; y como problemas específicos: ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?; ¿Cuál es la concentración (g/L) óptima de cáscara de castaña que se requiere para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?; ¿Cuáles son las

propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?; y ¿Cuál es la concentración (g/L) óptima de la cáscara de limón que se requiere para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?.

La justificación de esta investigación se fundamenta desde la perspectiva ambiental como: El reaprovechamiento de residuos biodegradables como la cáscara de castaña y limón empleados como biotecnología para el tratamiento de efluentes industriales contaminados con iones metálicos. Mediante la aplicación de estos bioadsorbentes se presentarán nuevas alternativas para la remoción de concentraciones de cromo y plomo presentes en las descargas residuales derivadas de una curtiembre de Ate Vitarte. Así, evitando el vertido de efluentes insuficientemente depurados que ocasionan la contaminación química del agua.

Socialmente, el empleo de los bioadsorbentes en estudio para la remoción de concentraciones de cromo y de plomo en una curtiembre de Ate Vitarte permitirá el reaprovechamiento de residuos biodegradables, así como también la reducción de contaminantes presentes en aguas residuales. De ese modo, se evitará problemas de salud en los pobladores que se encuentran ubicados en los límites de la planta industrial. Por otro lado, la aplicación de estos bioadsorbente beneficiara a la empresa, debido que sus efluentes presentarán menores concentraciones de cromo y de plomo y, consecuentemente evitara sanciones ambientales impuestas por la OEFA.

Económicamente, las técnicas habituales de remoción de metales pesados como separación por membranas, coagulación química, intercambio iónico, precipitación y técnicas electroquímicas, tienen costos elevados y poca efectividad de depuración para concentraciones menores de contaminantes. Por lo tanto, el uso de materiales biológicos (considerados como desechos) como bioadsorbentes sería una gran alternativa para la remoción metálica debido a su bajo costo y fácil adquisición, como también, por ser una tecnología limpia. De esta manera, la implementación de tecnologías basadas en bioadsorbentes naturales como la cáscara de castaña y limón para la remoción de cromo y de plomo presentes en los efluentes de la industria de la curtiembre presentará una viabilidad económica debido a que los establecimientos comerciales proveedores de estos biomateriales se deshacen de sus cáscaras sin darse cuenta del valor que presentan.

Esta investigación tuvo como objetivo general: Estudiar la eficiencia de remoción de Cr(VI) y Pb que presentan los bioadsorbentes (cáscara de castaña y limón); y como objetivos específicos: Evaluar las propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019; determinar la concentración (g/L) óptima de la cáscara de castaña que se requiere para la remoción eficiente de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019; evaluar las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019; y determinar la concentración (g/L) óptima de la cáscara de limón que se requiere para la remoción eficiente de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019.

Las hipótesis de esta investigación se dividieron en 1 hipótesis general y 4 hipótesis específicas. Como hipótesis general tenemos: La cáscara de limón tiene una eficiencia mayor al 89% en comparación con la cáscara de castaña para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte– 2019.

Y, como hipótesis específicas tenemos: Las propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019; la dosis óptima de concentración de cáscara de castaña que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte es de 4 g/L; las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019; y la dosis óptima de concentración de cáscara de limón que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte es de 5 g/L.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

La tesis sobre la eficiencia de la cáscara de castaña y limón para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de ate vitarte – 2019 es una investigación de tipo: aplicada con enfoque cuantitativo; y de subtipo: pre-post prueba; con un diseño experimental y un nivel de investigación: explicativo.

La investigación aplicada es aquella que tiene como objetivo dar respuestas a los problemas que se presentan ante el investigador con la finalidad de encontrar soluciones eficaces para aplicarse de manera inmediata (TAM, VERA Y OLIVEROS ,2008).

El enfoque de la investigación es cuantitativo, pues consiste en la recolección y análisis de datos, la medición estandarizada y numérica con la finalidad de responder las preguntas del proyecto de investigación. Así como también la aceptación o rechazo de las hipótesis de investigación; de subtipo pre y post prueba debido a que se realiza una toma de datos antes y después de aplicar la técnica (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA,2014).

El diseño experimental logra proyectar actividades con la finalidad de validar o rechazar las hipótesis. El nivel explicativo tiene por finalidad determinar el comportamiento de una variable en función de otra, así como también establecer las causas de los fenómenos analizados (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA,2014).

2.2 Operacionalización de variable

Tabla 1. Operalización de Variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Variable independiente 1: Eficiencia de la cáscara de castaña	La cáscara de castaña y limón, fueron presentados como biotecnologías ambientales orientadas a la remoción de concentraciones de iones metálicos presentes en aguas residuales descargadas de la industria curtidora. Estos bioelementos considerados de bajo costo y fácil adquisición buscaron no solo remover concentraciones de cromo y plomo si no también dar a conocer la importancia del reaprovechamiento de desechos para el tratamiento de efluentes industriales (TEJADA, VILLABONA Y GARCÉS,2014).	Para la remoción de Cr y Pb, los bioadsorbentes en estudio (cáscara de castaña y limón) fueron caracterizados determinando sus propiedades físicas y químicas; y se evaluó su eficiencia en función a la concentración y pH.	Propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña	pH	1 – 14	
					Área superficial	m ² /g	
					Ceniza	%	
					Humedad	%	
	Variable independiente 2: Eficiencia de la cáscara de limón			Concentración del bioadsorbente	Masa/volumen	g/L	
					Propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón	pH	1 – 14
						Tamaño	Nm
						Ceniza	%
Humedad	%						
Concentración del bioadsorbente	Masa/volumen	g/L					
	Remoción de cromo	% remoción $= \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$ CI=Concentración inicial de Cr ⁺⁶ CF=Concentración final de Cr ⁺⁶	Porcentaje (%)				
Remoción de plomo		% remoción $= \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$ CI=Concentración inicial de Pb CF=Concentración final de Pb					
VARIABLE DEPENDIENTE	Remoción de cromo y plomo presentes en los efluentes de la industria de la curtiembre	Existen múltiples métodos para la remoción de metales pesados (cromo y plomo) como tratamientos químicos, físicos y biológicos que tienen por finalidad eliminar, disminuir, remover o quitar concentraciones de iones metálicos presentes en efluentes provenientes de actividades industriales (TEJADA, VILLABONA Y GARCÉS, 2014).	Para medir la remoción de cromo de plomo utilizando la cáscara de castaña y de limón se utilizó la fórmula de porcentaje de remoción que considera la Ci y Cf del metal en estudio.				

2.3 Población, muestra y muestreo

2.3.1 Población

Se considera como población, al conjunto de elementos que se interesa conocer en un estudio (SÁENZ, 2017). La población de esta investigación estuvo compuesta por 15,2 m³ de efluentes con concentraciones de cromo y plomo provenientes de la industria de una curtiembre de Ate Vitarte.

2.3.2 Muestra

Es considerada como una parte representativa de la población que va ser estudiada (OTZEN,2017). La muestra para esta investigación fue de 6 litros de efluentes provenientes de la industria de curtiembre de Ate Vitarte, de los cuales, se destinó 3 litros para cada bioadsorbente en estudio (cáscara de castaña y limón).

2.3.3 Unidad de análisis

Se considera como el objeto específico de esta investigación (GAMBOA,2018). La unidad de análisis que se utilizó para la realización de esta investigación fue de 100 mL mLde efluentes provenientes de la industria de una curtiembre de Ate Vitarte.

2.3.4 Muestreo

El muestreo fue de tipo aleatorio simple debido a que los efluentes con concentraciones de cromo y plomo provenientes de la industria de la curtiembre son descargadas directamente al alcantarillado. Por lo tanto, presentan la misma probabilidad de ser seleccionados.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

El presente proyecto de investigación tuvo como técnica la observación directa, debido a que este procedimiento permitió recolectar y organizar información del fenómeno observado. Además, permitió la medición directa del pH y concentración de los bioadsorbentes (cáscara de castaña y limón).

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Se emplearon como instrumentos para la recolección de datos, tres fichas (**Anexo 1**):

- **Ficha N°1:** Ficha para la toma de muestra del efluente final producido por la industria de una curtiembre de Ate Vitarte, obtuvo un porcentaje promedio de 93%, que fue evaluado por tres expertos.
- **Ficha N°2:** Ficha de control, de pH óptimo de los bioadsorbentes para la remoción de cromo y de plomo presentes en los efluentes de una curtiembre de Ate Vitarte, obtuvo un porcentaje promedio de 95%, que fue evaluado por tres expertos.
- **Ficha N°3:** Ficha de control de la dosis óptima de los bioadsorbentes para la remoción de cromo y de plomo presentes en los efluentes de una curtiembre de Ate Vitarte, obtuvo un porcentaje promedio de 94.5%, que fue evaluado por tres expertos.

2.4.3 Validez y confiabilidad

2.4.3.1 Validez

La validez permitió al instrumento medir una variable. Además, incluye la noción experimental y determina si los resultados que son obtenidos acatan los requisitos del método científico.

Esta investigación fue validada por 3 especialistas. Estas validaciones se pueden visualizar en el Anexo 2.

2.4.3.2 Confiabilidad

La confiabilidad permitió que cualquier investigador pueda realizar el mismo experimento y con las mismas condiciones, obteniendo los mismos resultados. Además, permitió la aceptación científica de la hipótesis de investigación.

2.5 Procedimiento

2.5.1 Etapa 1

En la Figura 2 se mostró el proceso de remoción de Cr y Pb.

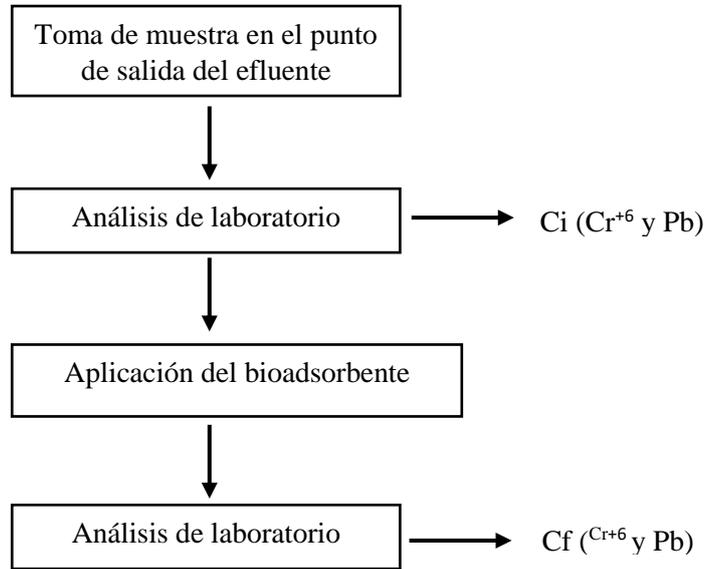


Figura 2. Proceso de remoción de Cr y Pb

Para el desarrollo de esta investigación se realizaron análisis del efluente antes (concentración inicial de Cr^{+6} y Pb) y después del proceso de bioadsorción (concentración final de Cr^{+6} y Pb), tal como se apreció en la Figura 2.

2.5.2 Etapa 2

En la Figura 3 se presenta el proceso de obtención de las biomásas.

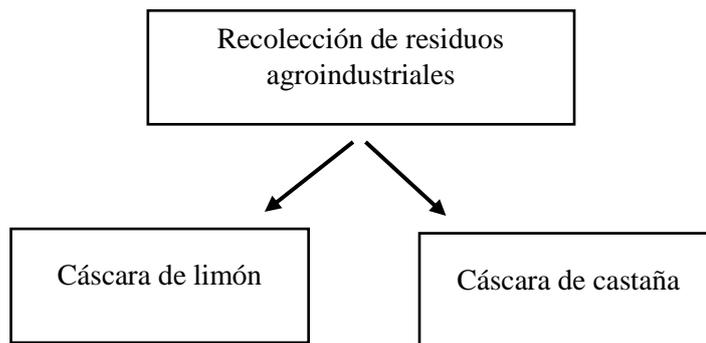


Figura 3. Proceso de obtención de las biomásas

Para la elaboración de los bioadsorbentes, se realizó la recolección de las cáscaras procedentes de los residuos agroindustriales, como se observó en la Figura 3.

2.5.2.1 Etapa 4

En esta Figura 4 se detalla el proceso de obtención del bioadsorbente a partir de la cáscara de castaña.

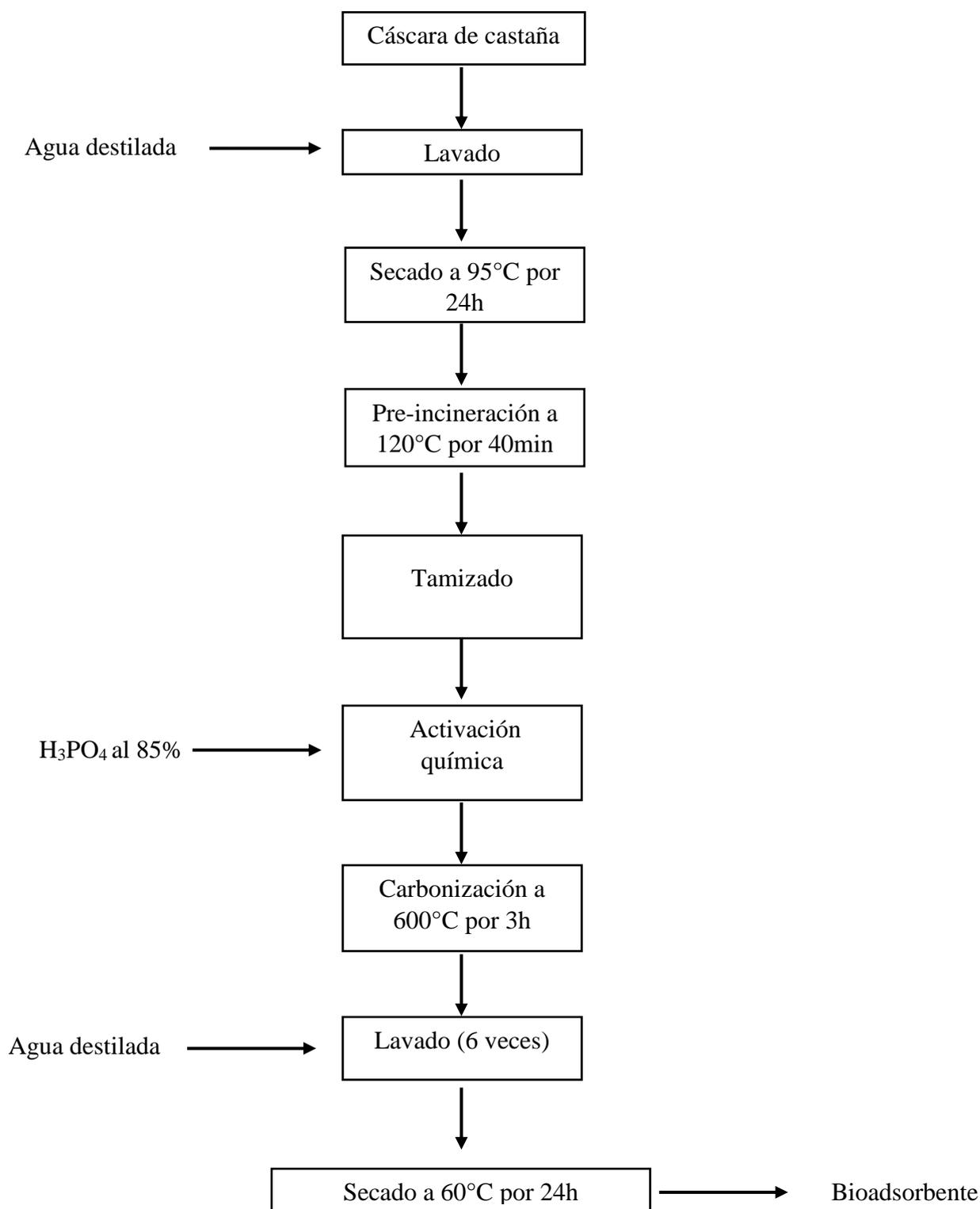


Figura 4. Proceso de obtención del bioadsorbente a partir de la cáscara de castaña

2.5.2.2 Etapa 5

En esta Figura 5 se detalla el proceso de obtención del bioadsorbente a partir de la cáscara de limón.

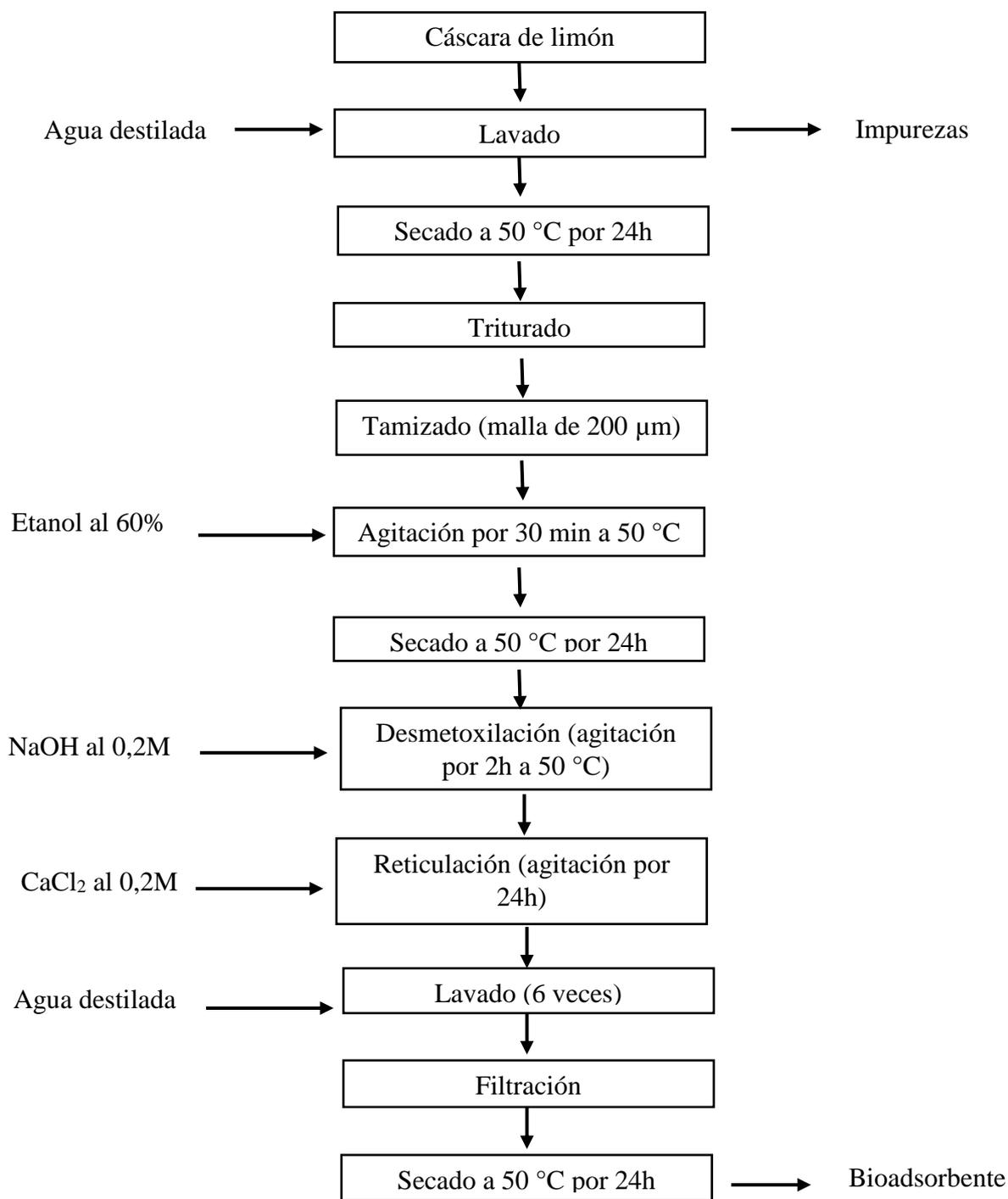


Figura 5. Proceso de obtención del bioadsorbente a partir de la cáscara de limón

2.6 Métodos de análisis de datos

Se empleó el test de Shapiro – Wilk, para el análisis estadístico debido a que el tamaño de muestra es menor a 50, con la finalidad de determinar si los resultados de la bioadsorción con cáscara de castaña y limón presentan una distribución normal. Además, para la elaboración de figuras y tablas se utilizó el programa Origin 2020, a fin de organizarlos y tener una mejor visualización de los mismos. Finalmente, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) aplicando la prueba de HSD de Tukey para determinar que bioadsorbente (cáscara de castaña y limón) presentó mayor eficiencia de remoción de cromo y plomo presentes en los efluentes de una curtiembre de Ate Vitarte.

2.7 Aspectos éticos

Esta investigación que tiene por título “Eficiencia de la cáscara de castaña y limón para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de ate vitarte – 2019” cumplió con los reglamentos establecidos por la Universidad César Vallejo respetando el proceso de recolección de datos verídicos y el adecuado manejo de los instrumentos de recolección. Además, se respetó el derecho de autenticidad de los autores citándolos adecuadamente. También, fue considerada la norma International Organization for Standarization (ISO) 690-02.

Por otro lado, se empleó el programa Turnitin con el fin de evitar semejanzas de investigaciones con otras ya realizadas. Finalmente, esta tesis rige su desarrollo en función al artículo N°1 de la resolución de consejo universitario No 0126-2017/UCV en relación al uso adecuado de información y de la propiedad intelectual.

III. RESULTADOS

3.1 Estadística descriptiva 3.1.1 Determinación del pH óptimo

Se determinó el pH óptimo pesando 2(g/L) de cada biomasa (cáscara de castaña y limón), previamente modificadas a diferentes valores de pH.

3.1.1.1 pH óptimo de la cáscara de castaña

Tabla 2. Resultados del pH óptimo de la cáscara de castaña para la remoción de Cr^{+6} y Pb

1 er Bioadsorbente (Cáscara de castaña)	Nº	Tiempo	Concentración (g/L)	Ph	Cr^{+6} inicial (mg/L)	Cr^{+6} final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)	Pb inicial (mg/L)	Pb final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
1 er Bioadsorbente (Cáscara de castaña)	1	4 h	2	3	35.69	6,52	81,72	1.88	0,61	67,37
	2			4		6,43	81,98		0,53	71,63
	3			5		6,37	82,14		0,51	72,87
	4			6		6,45	81,92		0,58	69,33
	5			7		6,53	81,71		0,63	66,31
	6			9		6,57	81,58		0,67	64,18
	7			11		6,59	81,53		0,69	63,30

En la Tabla 2 se apreció que a una concentración de 2g/L de cáscara de castaña y tiempo de contacto con el efluente de 4h, el pH óptimo del biomaterial fue de 5, debido que en ese valor se cuantifica menor concentración final de cromo (6,37 mg/L) y de plomo (0,51 mg/L).

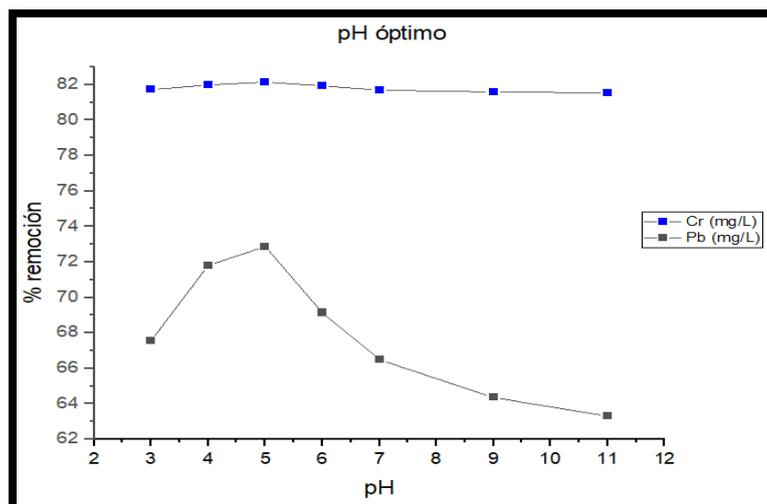


Figura 6. pH óptimo de la cáscara de castaña

En la Figura 6 se observó que el pH óptimo para lograr un mayor % de eficiencia de remoción de cromo (82,15%) y de plomo (72,87%) fue de 5.

3.1.1.2 pH óptimo de la cáscara de limón

Tabla 3. Resultados del pH óptimo de la cáscara de limón para la remoción de Cr^{+6} y Pb

2 do Bioadsorbente (Cáscara de limón)	Nº	Tiempo	Concentración (g/L)	pH	Cr^{+6} inicial (mg/L)	Cr^{+6} final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)	Pb inicial (mg/L)	Pb final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
2	4	10,13	71,63	0,44	76,77					
3	5	9,70	72,81	0,39	79,43					
4	6	10,86	69,58	0,47	75,00					
5	7	11,13	68,81	0,56	70,21					
6	9	11,14	68,79	0,58	69,15					
7	11	11,16	68,72	0,61	67,55					

En la Tabla 3 se observó que con una concentración de 2 g/L de cáscara de limón y tiempo de contacto con el efluente de 3h, el pH óptimo fue de 5, debido a que a este valor se cuantifico menor concentración final de Cr (9,70 mg/L) y de Pb (0,39 mg/L).

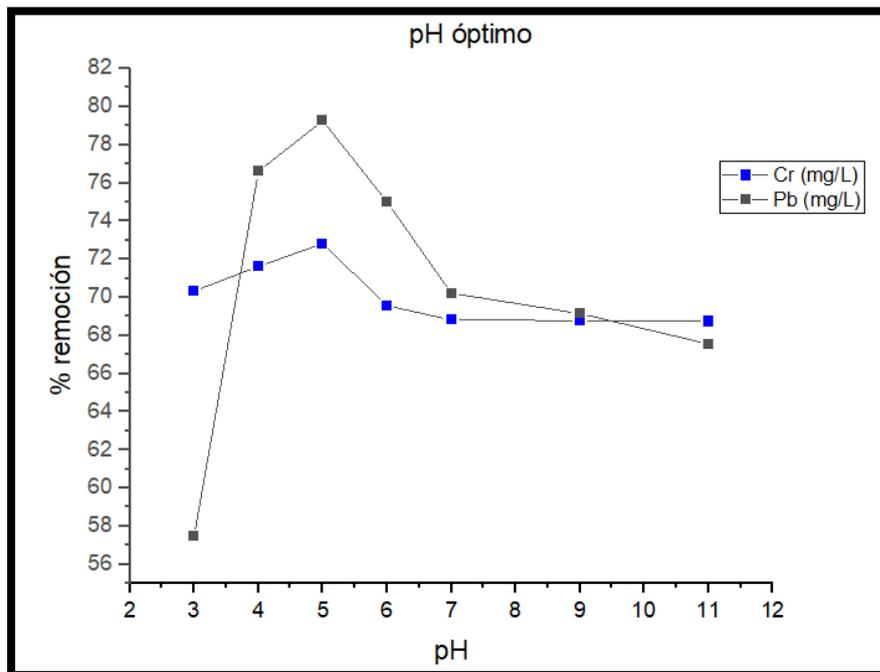


Figura 7. pH óptimo de la cáscara de limón

En la Figura 7 se observó que el mayor % (72,81% Cr y 79,43% Pb) de eficiencia de remoción con cáscara de limón fue conseguido a pH 5.

3.1.2 Determinación de la concentración óptima

Después de determinar el pH óptimo, se buscó lograr una máxima adsorción de cromo y plomo, para ello se trabajó con diferentes concentraciones de bioadsorbente (cáscara de castaña y limón), con el fin de establecer la concentración óptima de remoción.

3.1.2.1 Concentración óptima de la cáscara de castaña

Tabla 4. Resultados de la concentración óptima de la cáscara de castaña para la remoción de Cr⁺⁶ y Pb

1 er Bioadsorbente (Cáscara de castaña)	Nº	Tiempo	pH	Concentración (g/L)	Cr ⁺⁶ inicial (mg/L)	Cr ⁺⁶ final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)	Pb inicial (mg/L)	Pb final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
	1	4 h	5	3	35,69	6,28	82,40	1,88	0,431	77,07
	2			3,5		6,07	82,99		0,418	77,78
	3			4		5,61	84,28		0,309	83,58
	4			4,5		5,26	85,27		0,243	87,09
	5			5		4,36	87,78		0,284	84,88
	6			5,5		5,10	85,72		0,261	86,12
	7			6		5,06	85,81		0,251	86,65

En Tabla 4, se identificó que a pH 5 y tiempo de contacto con el efluente de 4h, la concentración óptima de cáscara de castaña fue de 4,5 g en relación al cromo (4.36 mg/L) y 5g con respecto al plomo (0,243 mg/L).

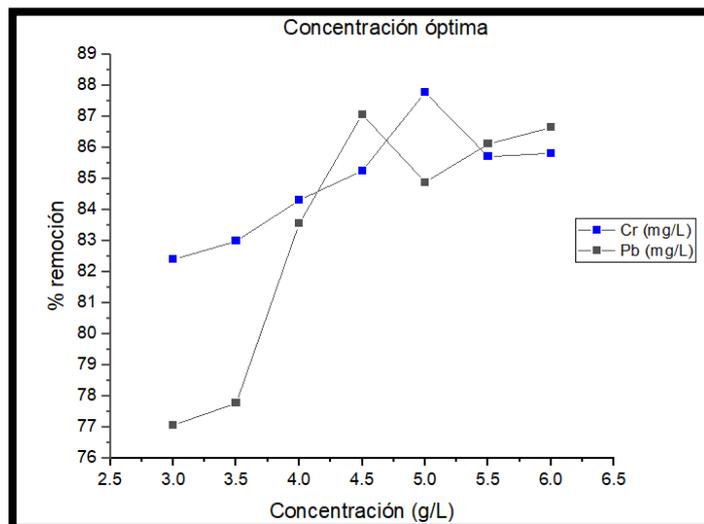


Figura 8. Concentración óptima de la cáscara de castaña

En la Figura 8 se distinguió que con 4,5g y 5g de biomaterial se logró el mayor % de remoción de Pb (87,09%) y de Cr (87,78%), respectivamente.

3.1.2.2 Concentración óptima de la cáscara de limón

Tabla 5. Resultados de la concentración óptima de la cáscara de limón para la remoción de Cr⁺⁶ y Pb

2 do Bioadsorbente (Cáscara de limón)	Nº	Tiempo	pH	Concentración (g/L)	Cr ⁺⁶ inicial (mg/L)	Cr ⁺⁶ final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)	Pb inicial (mg/L)	Pb final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
	1	3 h	5	3	35,69	6,53	81,70	1,88	0,307	83,69
	2			3,5		6,60	81,50		0,294	84,38
	3			4		6,21	82,59		0,235	87,50
	4			4,5		4,25	88,10		0,208	88,94
	5			5		4,38	87,74		0,163	91,35
	6			5,5		4,28	88,02		0,171	90,91
	7			6		4,31	87,94		0,165	91,22

En la Tabla 5, se determinó que a pH 5 y tiempo de contacto con el efluente de 4h, la concentración óptima de cáscara de limón fue de 4,5 g/L en relación al Cr (4.25 mg/L) y 5g con respecto al Pb (0,163 mg/L).

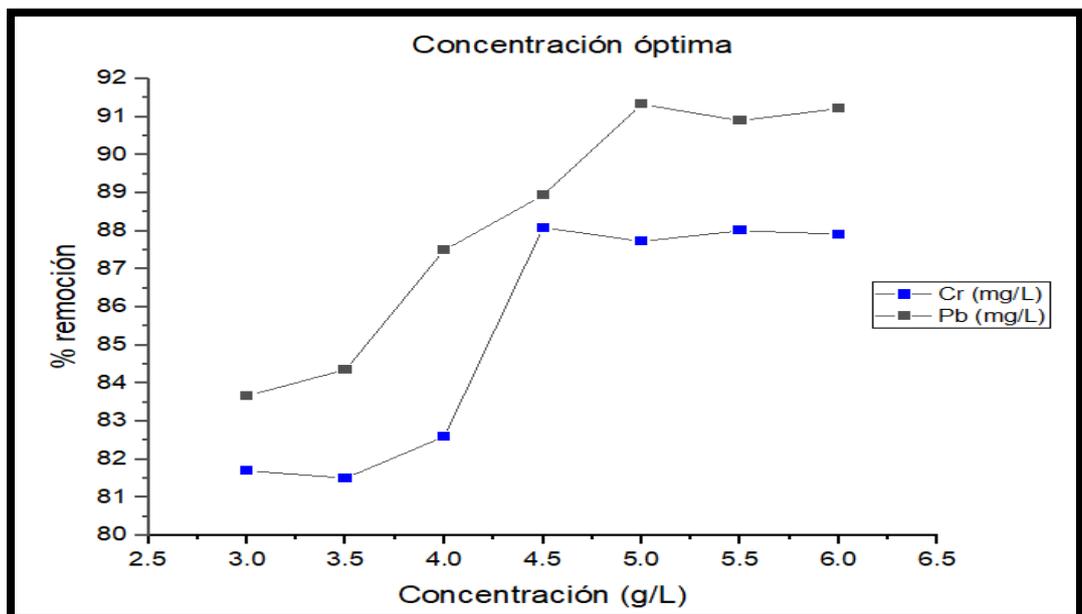


Figura 9. Concentración óptima de la cáscara de limón

En la Figura 9, se observó que la concentración óptima que se requirió para lograr un mayor % de eficiencia de remoción de cromo (88,10%) y de plomo (91,35%) fue de 5 y 4,5 g/l, respectivamente.

3.1.3 Determinación de las propiedades físicas y químicas

3.1.3.1 Porcentaje de humedad y ceniza

Para el cálculo del % de humedad y ceniza, las cáscaras de castaña y limón fueron sometidas al mismo procedimiento. Se pesó 1 g de biomasa (cáscaras de castaña y limón), luego se llevó a la estufa a una temperatura de 105 °C durante 2h con la finalidad de pre incinerar el biomaterial, seguidamente la masa resultante de dicho proceso fue sometida a calcinación en una mufla a temperatura de 550 °C durante un tiempo de 3h, finalmente las cenizas resultantes del proceso fueron pesadas.

Tabla 6. Resultados del % de humedad y % de ceniza de las cáscaras de castaña y limón

Bioadsorbente	M1	M2	M3	% de humedad	% de ceniza
				$\left(\frac{M1 - M2}{M1}\right) \times 100$	$\left(\frac{M3}{M1}\right) \times 100$
Cáscara de castaña	1 g	0.89 g	0.04 g	11 %	4 %
Cáscara de limón	1 g	0.87 g	0.1 g	13 %	10 %

M1: Masa del bioadsorbente (g)

M2: Masa del bioadsorbente pre-incinerado (g)

M3: Masa del bioadsorbente calcinado (g)

Como se apreció en la Tabla 6 la cáscara de castaña presenta un % de humedad del 11% y un % de ceniza del 4%; mientras que la cáscara de limón contó con un % de humedad y un % de ceniza del 13% y del 10%, respectivamente.

3.1.3.2 Determinación del tamaño de partícula de la cáscara de limón (DLS)

El análisis de DLS conocido también como espectroscopia de correlación de fotones y dispersión de luz elástica, fue empleado para determinar el tamaño de las partículas mediante la lectura producida durante los cambios aleatorios en la intensidad de luz dispersa en muestras en solución. Para ello, la pectina fue llevada

analizar con la finalidad de establecer el tamaño de la partícula, con la cual se ha realizado la adsorción de Cr^{+6} y Pb .

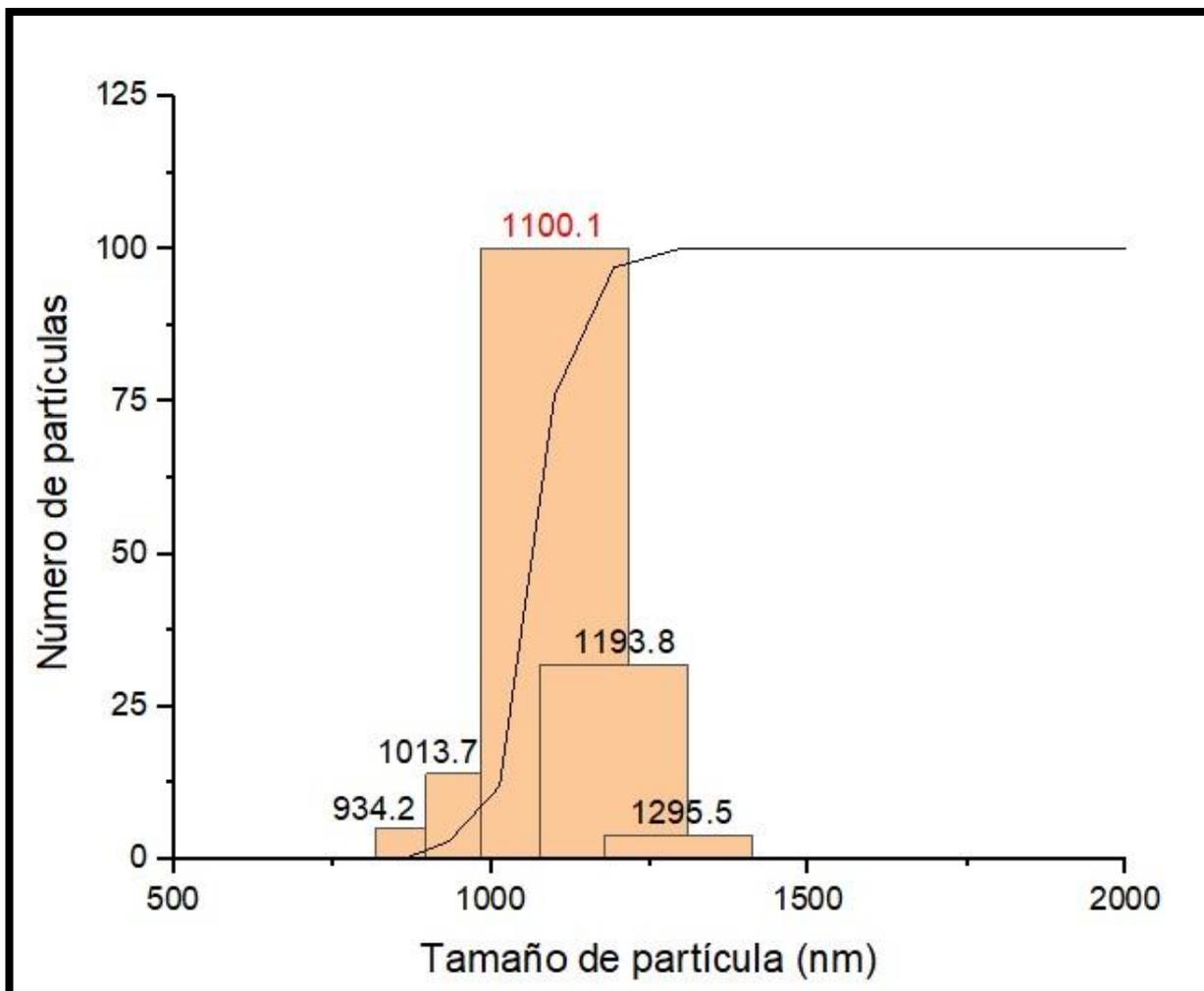


Figura 10. Distribución del tamaño de la partícula de la cáscara de limón, analizado por DLS

En la Figura 10, se observó los diferentes tamaños de partículas encontrados en la pectina. Finalmente, se determinó que la adsorción de cromo y plomo, con pectina extraída de la cáscara de limón, fue conseguida a tamaño de partícula de 1113,2 nm. Debido a que, el promedio de los tamaños de partículas (934.2,1013.7,1193.8,1295.5 y 1100.1 nm) fue de 1113,2 nm.

3.1.3.3 Determinación del área superficial de la cáscara de castaña (BET)

Para la determinación del área superficial se pesó 1 gramo de carbón activado, elaborado a partir de cáscara de castaña, seguidamente fue llevada analizada mediante el método BET, con la finalidad de cuantificar el área mesoporosa, área superficial y volumen del poro.

Tabla 7. *Caracterización textural de la cáscara de castaña*

Área mesoporosa	82,03 m ² /g
Volumen del poro	0,42cm ³ /g
Área Superficial	721,6m ² /g

Como se observó en la Tabla 7 el carbón activado a base de cáscara de castaña que logra la máxima remoción de Cr⁺⁶ y Pb presentes en efluentes de la curtiembre, conto con un área mesoporosa de 82,03 m²/g, volumen del poro de 0,42cm³/g y área superficial de 721,6m²/g .

3.1.4 Determinación de los grupos funcionales presentes en la cáscara de castaña y limón (FT-IR)

Este análisis del espectro infrarrojo tuvo como objetivo determinar los grupos funcionales presentes en la pared del biomaterial y del bioadsorbente antes y después de la adsorción. El espectro se encontró entre 500 y 4000 cm⁻¹, se obtuvo 3 espectros para cada biomasa.

3.1.4.1 FT-IR de la cáscara de castaña

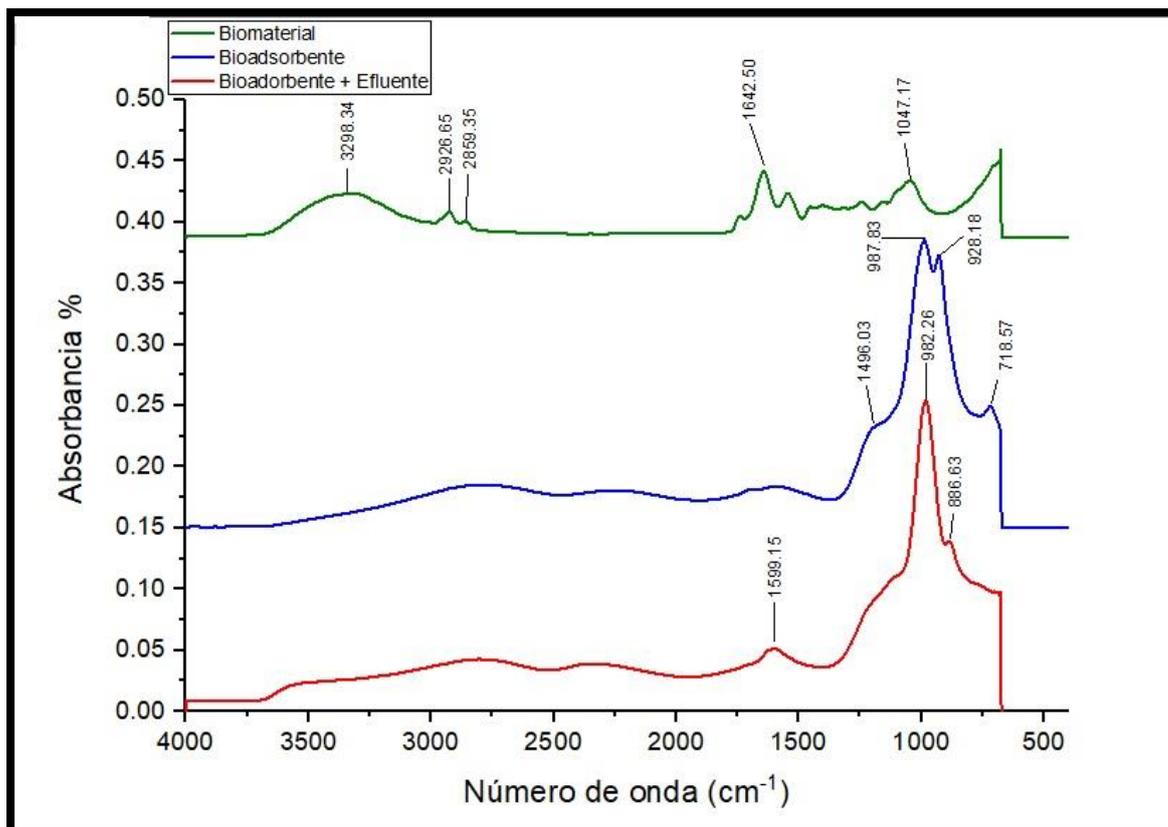


Figura 11. Principales bandas presentes en la biomasa (cáscara de castaña)

Tabla 8. Posibles grupos funcionales encontrados en la cáscara de castaña.

Grupos Funcionales	Número de onda cm^{-1}
-OH	3295
C-H	2920
C-H	2851
C-Hd	990 – 910
C-H aromático	886,63
-C-H	920
Grupo amida I	1630 – 1654
N-H Grupo amida II	1545
C-O	12500 – 1000
-C-OH	990 – 910
CH ₂	720
-C=C	1600 – 1475

Fuente: MERMA et al. 2015.

En la Figura 11, se presentó los posibles grupos funcionales del biomaterial (cáscara de castaña), siendo estos: la banda ubicada entre 3298.34 cm^{-1} puede atribuirse a los grupos hidroxilo(-OH). Las regiones comprendidas entre 2859.35 cm^{-1} y 2926.65 cm^{-1} pueden evaluarse como vibración del radical C-H. La región 1642.50 cm^{-1} y 1047.17 cm^{-1} pueden corresponder a el grupo amida I C=O y radical C-O, respectivamente. La cáscara de castaña, presentó una estructura química compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. Analizando, los espectros obtenidos se pueden inferir que los grupos -OH corresponden a las estructuras típicas de la celulosa y hemicelulosa, mientras que los grupos C-H, C=O y C-O corresponden a una estructura típica de la lignina.

Los grupos funcionales del bioadsorbente son: las bandas 1496.03cm^{-1} , 987.83 cm^{-1} , 928.18cm^{-1} y 718.57cm^{-1} ; que pueden representar a los grupos -C=C , C-OH, -C-H y CH₂, respectivamente. Analizando, las bandas obtenidas se pueden determinar que, los grupos -C-H y -C=C corresponden a una estructura típica del grafeno, principal componente del carbón.

Finalmente, se analizó los espectros antes (bioadsorbente) y después del proceso de adsorción (bioadsorbente + efluente), identificando: La banda 1599.15 cm^{-1} es atribuida al grupo al grupo C=C que, a su vez, es uno de los espectros presentes después del proceso de adsorción. Mientras, la región comprendida entre 987.83 cm^{-1} y 928.18 cm^{-1} (bioadsorbente) asociados a los radicales C-OH y -C-H, son dislocadas por la banda 982.26 cm^{-1} (bioadsorbente + efluente) atribuida al radical C-H. La banda ubicada en la región 718.57 cm^{-1} (bioadsorbente) asociada al radical CH₂ es dislocada por la banda 886.63 cm^{-1} presente en las vibraciones del radical C-H. Por lo tanto, las dislocaciones de bandas antes y después de la bioadsorción se pueden atribuir a una posible adsorción de Cr⁺⁶ y Pb.

3.1.4.2 FT-IR de la cáscara de limón

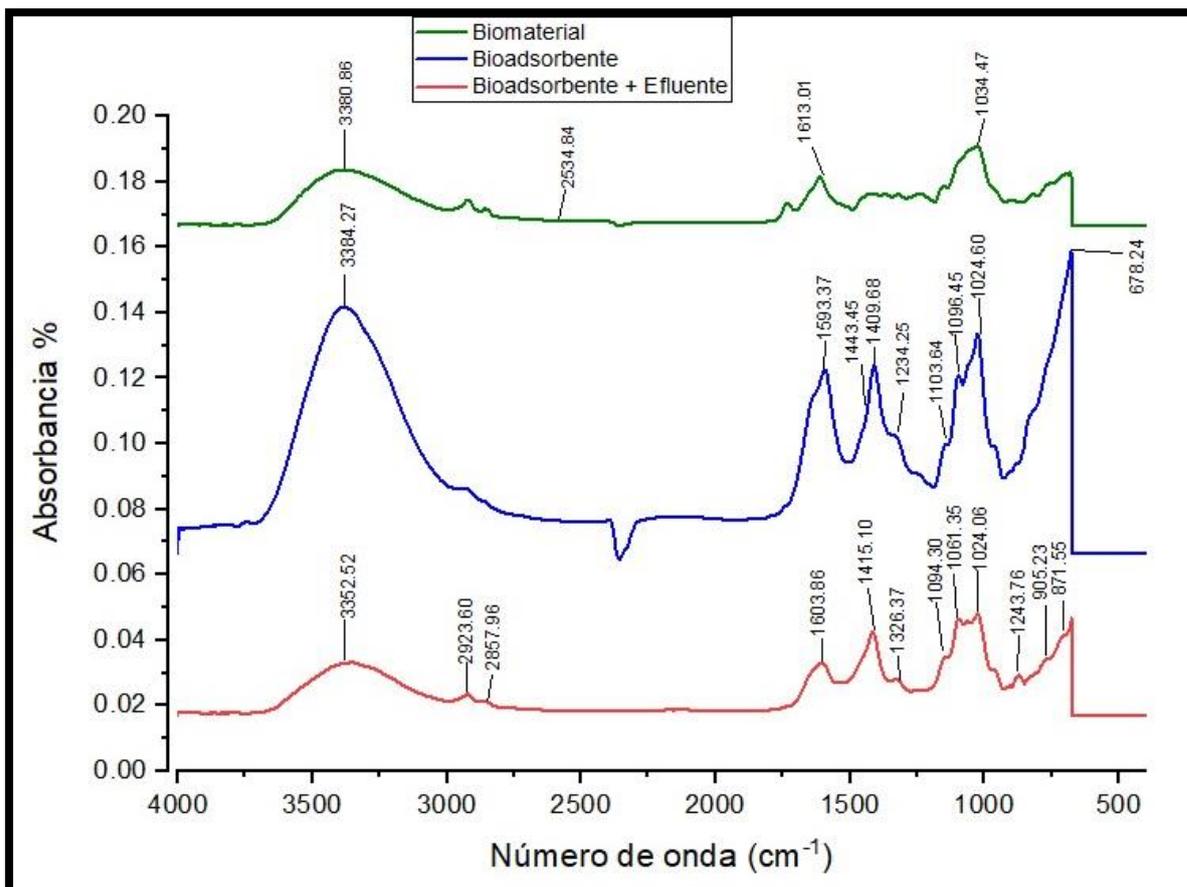


Figura 12. Principales bandas presentes en la biomasa (cáscara de limón)

Tabla 9. Posibles grupos funcionales encontrados en la cáscara de limón.

Grupos Funcionales	Número de onda cm^{-1}
O-H fenólico y alifático	3300
OH	3300 – 3400
C=O éster	1500 – 1700
C-O	1000 – 1300
-COOH grupo carboxilo	1420,71
C-CL	785 – 540
-OH	3300 – 3500
-COO	1175 – 1500
C-OH	1069
Anillos benzoicos	700 - 900

Fuente: GARCIA et al. 2013.

En la Figura 12, se distinguió los posibles grupos funcionales presentes en el biomaterial (cáscara de limón), siendo estos: Las bandas 3380.86 cm^{-1} , 1613.01 cm^{-1}

$^{-1}$ y 1034.47 cm^{-1} pueden atribuirse a los radicales O-H, C=O, y C-O, respectivamente. La cáscara de limón, presenta en su estructura la formación del ácido cítrico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$). Analizando las bandas obtenidas, se puede determinar que los grupos O-H, C=O, y C-O; corresponden a una estructura típica del ácido cítrico.

Dentro de las bandas presentes en el bioadsorbente tenemos: la región cercana a 3384.27 cm^{-1} , puede evaluarse como radical -OH. Mientras, la región ubicada entre 1024.60 cm^{-1} y 1409.68 cm^{-1} , se le puede atribuir el radical -COOH. Las bandas de la región 678.24 cm^{-1} y 1593.37 cm^{-1} pueden evaluarse como radicales C-Cl y C=O, respectivamente. Evaluando las bandas obtenidas, se puede determinar que los radicales -COOH y C=O corresponden a estructuras típica de los grupos carboxilos y éster, respectivamente. Siendo estos grupos, los principales componentes de la pectina.

Finalmente, analizando los espectros antes (bioadsorbente) y después del proceso de adsorción (bioadsorbente + efluente) podemos determinar: La banda ubicada en la región 3384.27 cm^{-1} (bioadsorbente) asociada al radical -OH, fue dislocada por la banda 3352.52 cm^{-1} (bioadsorbente + efluente) asociada al radical OH. La región entre 1593.37 cm^{-1} y 1409.68 cm^{-1} (bioadsorbente), atribuida a las vibraciones de los radicales C=O y C-O, es dislocada por la banda 1415.10 cm^{-1} (bioadsorbente + efluente) asociada al radical -COO. La región 1024.60 cm^{-1} (bioadsorbente), asociada al radical -COOH, es dislocada por la región comprendida entre 1061.35 cm^{-1} y 1024.06 cm^{-1} (bioadsorbente + efluente) asociadas a los radicales C-OH y C-O. La banda 678.24 cm^{-1} (bioadsorbente) puede atribuirse al radical C-Cl, y es dislocada por la banda 871.55 cm^{-1} (bioadsorbente + efluente) que puede representar al radical de los anillos benzoicos ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$). Por lo tanto, las dislocaciones de bandas antes y después de la bioadsorción, pueden atribuirse a una posible adsorción de Cr^{+6} y Pb.

3.2 Contraste de hipótesis

3.2.1 Prueba de normalidad, ANOVA y HSD Tukey del pH óptimo de la cáscara de castaña

3.2.1.1 Prueba de normalidad

Tabla 10. Prueba de Normalidad de remoción de Cr⁺⁶ y Pb respecto al pH de cáscara de castaña

	pH_cáscara_castaña	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción_Cromo	pH-3	,232	3	.	,980	3	,726
	pH-4	,191	3	.	,997	3	,900
	pH-5	,232	3	.	,980	3	,726
	pH-6	,253	3	.	,964	3	,637
	pH-7	,353	3	.	,824	3	,174
	pH-9	,321	3	.	,881	3	,328
	pH-11	,282	3	.	,936	3	,510
Remoción_Plomo	pH-3	,298	3	.	,916	3	,439
	pH-4	,220	3	.	,986	3	,777
	pH-5	,175	3	.	1,000	3	,995
	pH-6	,292	3	.	,923	3	,463
	pH-7	,292	3	.	,923	3	,463
	pH-9	,253	3	.	,964	3	,637
	pH-11	,313	3	.	,895	3	,369

Fuente: Tabla SPSS versión 23

Hipótesis: probaremos

Ho: Los resultados obtenidos de remoción de Cr y Pb siguen una distribución normal.

Ha: Los resultados obtenidos de la remoción de Cr y Pb no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si p-valor < α : rechaza Ho

Si p-valor > α : no rechaza Ho

p-valores obtenidos de:

- Valores de significancia de la remoción de cromo: 0.726, 0.900, 0.726, 0.637, 0.174, 0.328, 0.510

- Valores de significancia de la remoción de plomo: 0.439, 0.777, 0.995, 0.463, 0.463, 0.637, 0.369

donde α de: 0.05

Decisión

Debido a que **p-Valores** fue mayor a α , el **H₀** no se rechazó. En conclusión, los resultados obtenidos de remoción de Cr y Pb obedecen a un comportamiento de distribución normal. Donde se consideraron valores estadísticos de significancia de Shapiro-Wilk por ser muestras pequeñas (< 50). Indicando que los resultados tienen un rango de 95% de confiabilidad.

3.2.1.2 Prueba de ANOVA

Tabla 11. *Anova de un factor de remoción de Cr⁺⁶ y Pb respecto al pH de cáscara castaña*

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Remoción_Cromo	Entre grupos	,903	,150	66,242	,000
	Dentro de grupos	,032	,002		
	Total	,935	20		
Remoción_Plomo	Entre grupos	235,405	39,234	33,957	,000
	Dentro de grupos	16,176	1,155		
	Total	251,581	20		

Fuente: Tabla SPSS versión 23

La Tabla 11, mostró la prueba estadística ANOVA de un factor para determinar la diferencia significativa de medias de remoción de Cr y Pb respecto al pH de cáscara de castaña.

3.2.1.3 Prueba de HSD Tukey – Remoción de cromo

Tabla 12. *HSD Tukey- Remoción de cromo respecto al pH de cáscara de castaña*

pH_cáscara_castaña	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
pH-11	3	81,5267				
pH-9	3	81,5833	81,5833			
pH-7	3		81,7133	81,7133		
pH-3	3			81,7233		
pH-6	3				81,9200	
pH-4	3				81,9833	
pH-5	3					82,1433
Sig.		,764	,057	1,000	,669	1,000

Fuente: Tabla SPSS versión 23

La Tabla 12, mostró la prueba de HSD Tukey que determinó que la aplicación del pH 5 respecto a la remoción de cromo presenta la mayor diferencia de medias (82,1433), demostrando que fue el pH óptimo.

3.2.1.4 Prueba de HSD Tukey – Remoción de plomo

Tabla 13. HSD Tukey- Remoción de plomo respecto al pH de cáscara de castaña

pH_cáscara_castaña	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
pH-3	3	57,2667			
pH-11	3		67,5533		
pH-9	3		69,1500		
pH-7	3		70,2100		
pH-6	3			75,0000	
pH-4	3			76,7733	76,7733
pH-5	3				79,4333
Sig.		1,000	,068	,372	,068

Fuente: Tabla SPSS versión 23

En la Tabla 13, se mostró la prueba de HSD Tukey que determinó que la aplicación del pH 5 respecto a la remoción de cromo presenta la mayor diferencia de medias (79,4333), demostrando que fue el pH óptimo.

PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 1

Hipótesis: probaremos

Ho: Las propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña no presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019

Ha: Las propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019

Estadística y región crítica de la prueba:

Si p-valor < α : rechaza Ho

Si p-valor > α : no rechaza Ho

Se obtuvo **p-valor** de: 0.000, 0.000, donde **α** de: 0.05

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 23, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valores menores que α , concluyéndose que las propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019.

3.2.2 Prueba de normalidad, ANOVA y HSD Tukey del pH óptimo de la cáscara de limón

3.2.2.1 Prueba de normalidad

Tabla 14. Prueba de Normalidad de remoción de Cr^{+6} y Pb respecto al pH de cáscara de limón

Remoción	pH_cáscara_limón	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción_Cromo	pH-3	,213	3	.	,990	3	,806
	pH-4	,324	3	.	,878	3	,317
	pH-5	,321	3	.	,881	3	,328
	pH-6	,282	3	.	,936	3	,510
	pH-7	,308	3	.	,902	3	,391
	pH-9	,243	3	.	,972	3	,679
	pH-11	,351	3	.	,828	3	,183
Remoción_Plomo	pH-3	,293	3	.	,922	3	,461
	pH-4	,254	3	.	,964	3	,635
	pH-5	,293	3	.	,922	3	,461
	pH-6	,175	3	.	1,000	3	1,000
	pH-7	,175	3	.	1,000	3	1,000
	pH-9	,175	3	.	1,000	3	1,000
	pH-11	,175	3	.	1,000	3	,990

Fuente: Tabla SPSS versión 23

Hipótesis: probaremos

Ho: Los resultados obtenidos de remoción de Cr y Pb siguen una distribución normal.

Ha: Los resultados obtenidos de la remoción de Cr y Pb no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H_0

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H_0

p-valores obtenidos de:

- Valores de significancia de la remoción de cromo: 0.317, 0.328, 0.510, 0.391, 0.679, 0.183

- Valores de significancia de la remoción de plomo: 0.461, 0.635, 0.461, 1.000, 1.000, 1.000, 0.990

donde α de: 0.05

Decisión

Debido a que **p-Valores** son mayores a α , la **H_0** no se rechazó. En conclusión, los resultados obtenidos de remoción de Cr y Pb siguen una distribución, donde se consideraron valores estadísticos de significancia de Shapiro-Wilk por ser muestras pequeñas (< 50). Indicando que los resultados tienen un rango de 95% de confiabilidad.

3.2.2.2 Prueba de ANOVA

Tabla 15. Anova de un factor de remoción de Cr^{+6} y Pb respecto al pH de cáscara de limón

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Remoción_Cromo	Entre grupos	45,854	6	7,642	788,259	,000
	Dentro de grupos	,136	14	,010		
	Total	45,990	20			
Remoción_Plomo	Entre grupos	973,834	6	162,306	160,691	,000
	Dentro de grupos	14,141	14	1,010		
	Total	987,974	20			

Fuente: Tabla SPSS versión 23

En la Tabla 15, se mostró la prueba estadística ANOVA de un factor y se determinó la diferencia significativa de medias de remoción de Cr y Pb respecto al pH de cáscara de limón.

3.2.2.3 Prueba de HSD Tukey – Remoción de cromo

Tabla 16. HSD Tukey- Remoción de cromo respecto al pH de cáscara de limón

pH_cáscara_limón	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
pH-11	3	68,7200				
pH-9	3	68,7933				
pH-7	3	68,8133				
pH-6	3		69,5833			
pH-3	3			70,3400		
pH-4	3				71,6267	
pH-5	3					72,8133
Sig.		,897	1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: Tabla de SPSS, elaboración propia, 2019.

En la Tabla 16, se mostró la prueba de HSD Tukey respecto a la remoción de cromo que permitió determinar el pH óptimo de la cáscara de limón que se requiere para la remoción eficiente de cromo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019. Debido a que la mayor diferencia de medias es de 72,8133, se determinó que el pH óptimo de remoción de cromo fue de 5.

3.2.2.4 Prueba de HSD Tukey – Remoción de plomo

Tabla 17. HSD Tukey- Remoción de plomo respecto al pH de cáscara de limón

pH_cáscara_limón	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
pH-3	3	57,2667			
pH-11	3		67,5533		
pH-9	3		69,1500		
pH-7	3		70,2100		
pH-6	3			75,0000	
pH-4	3			76,7733	76,7733
pH-5	3				79,4333
Sig.		1,000	,068	,372	,068

Fuente: Tabla SPSS versión 23

En la Tabla 17, se observó la prueba de HSD Tukey respecto a la remoción de plomo que permitió determinar el pH óptimo de la cáscara de limón que se requiere para la remoción eficiente de plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019; mediante esta prueba se identificó que la mayor diferencia de medias fue de 79,4333 demostrando así que el pH óptimo es 5.

PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 3

Hipótesis: probaremos

Ho: Las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón no presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019

Ha: Las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

Se obtuvo **p-valor** de: 0.000, 0.000, donde **α** de: 0.05

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 23, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valores menores que α , concluyéndose que las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019.

3.2.3 Prueba de normalidad, ANOVA y HSD Tukey de la concentración óptimo de la cáscara de castaña

3.2.3.1 Prueba de normalidad

Tabla 18. Prueba de Normalidad de remoción de Cr^{+6} y Pb respecto a la concentración de cáscara de castaña

Remoción	Dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción_Cromo	3g/L	,201	3	.	,995	3	,859
	3.5g/L	,337	3	.	,855	3	,253
	4g/L	,175	3	.	1,000	3	1,000
	4.5g/L	,253	3	.	,964	3	,637
	5g/L	,243	3	.	,972	3	,679
	5.5g/L	,253	3	.	,964	3	,637
	6g/L	,331	3	.	,865	3	,281
Remoción_Plomo	3g/L	,177	3	.	1,000	3	,974
	3.5g/L	,271	3	.	,948	3	,559
	4g/L	,332	3	.	,864	3	,278
	4.5g/L	,263	3	.	,955	3	,593
	5g/L	,221	3	.	,986	3	,772
	5.5g/L	,179	3	.	,999	3	,948
	6g/L	,175	3	.	1,000	3	1,000

Fuente: Tabla SPSS versión 23

Hipótesis: probaremos

Ho: Los resultados obtenidos de remoción de Cr y Pb siguen una distribución normal.

Ha: Los resultados obtenidos de la remoción de Cr y Pb no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si p-valor < α : rechaza Ho

Si p-valor > α : no rechaza Ho

p-valores obtenidos de:

- Valores de significancia de la remoción de cromo: 0.859, 0.253, 1.000, 0.637, 0.679, 0.637 y 0.281.

- Valores de significancia de la remoción de plomo: 0.974, 0.559, 0.278, 0.593, 0.772, 0.948 y 1.000.

donde α de: 0.05

Decisión

Debido a que **p-Valores** fue mayor a α , la **H₀** no se rechaza, en conclusión, los resultados obtenidos de remoción de Cr y Pb siguen una distribución normal. Se consideró valores estadísticos de significancia de Shapiro-Wilk por ser muestras pequeñas (< 50). Indicando que los resultados tienen un rango de 95% de confiabilidad.

3.2.3.2 Prueba de ANOVA

Tabla 19. Anova de un factor de remoción de Cr⁺⁶ y Pb respecto a la concentración aplicada

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Remoción_Cromo	Entre grupos	60,614	6	10,102	905,078	,000
	Dentro de grupos	,156	14	,011		
	Total	60,771	20			
Remoción_Plomo	Entre grupos	315,872	6	52,645	1451,617	,000
	Dentro de grupos	,508	14	,036		
	Total	316,379	20			

Fuente: Tabla SPSS versión 23

En la Tabla 19, se observó la prueba estadística ANOVA de un factor para determinar la diferencia significativa de medias de remoción de Cr y Pb respecto a la dosis aplicada de cáscara de castaña.

3.2.3.3 Prueba de HSD Tukey – Remoción de cromo

Tabla 20. HSD Tukey- Remoción de cromo

Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
3g/L	3	82,3967					
3.5g/L	3		82,9933				
4g/L	3			84,2800			
4.5g/L	3				85,2700		
5.5g/L	3					85,7200	
6g/L	3						85,8133
5g/L	3						87,7767
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	,923	1,000

Fuente: Tabla SPSS versión 23

En la Tabla 20, se mostró la prueba de HSD Tukey respecto a la remoción de cromo que permitió determinar la concentración óptima (3g/L, 3.5g/L, 4g/L, 4.5g/L, 5g/L, 5.5g/L y 6g/L) de la cáscara de castaña que se requirió para la remoción eficiente de cromo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019. Dicha prueba indico que la diferencia de medias de 87,7767 determino que la concentración óptima de castaña fue de 5g/l.

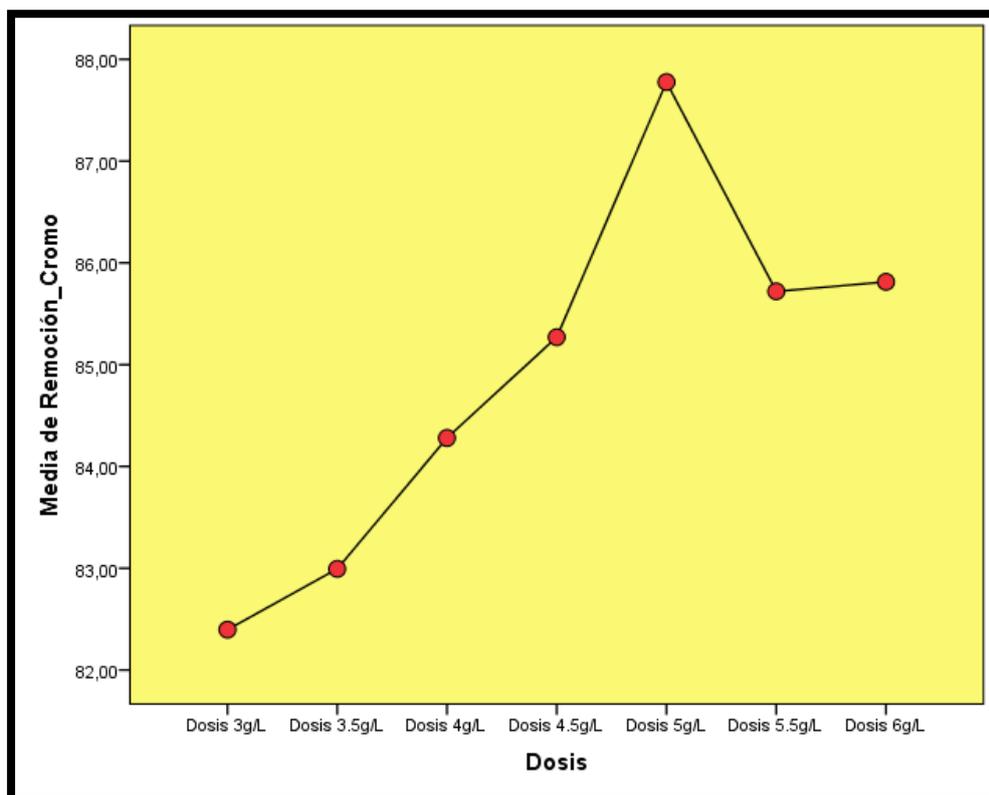


Figura 13. Gráfico de medias de remoción de cromo respecto a las concentraciones aplicadas de cáscara de castaña

3.2.3.4 Prueba de HSD Tukey – Remoción de plomo

Tabla 21. HSD Tukey- Remoción plomo

Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
3g/L	3	77,0733					
3.5g/L	3		77,7833				
4g/L	3			83,5833			
5g/L	3				84,8767		
5.5g/L	3					86,1167	
6g/L	3						86,6500
4.5g/L	3						87,0900
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	,137

Fuente: Tabla SPSS versión 23

En la Tabla 21, se mostró la prueba de HSD Tukey respecto a la remoción de plomo que permitió determinar la concentración óptima (3g/L, 3.5g/L, 4g/L, 4.5g/L, 5g/L, 5.5g/L y 6g/L) de la cáscara de castaña que se requirió para la remoción eficiente de plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019. Dicha prueba indico que la diferencia de medias de 87,0900 determino que la concentración optima de castaña fue de 4,5 g/L

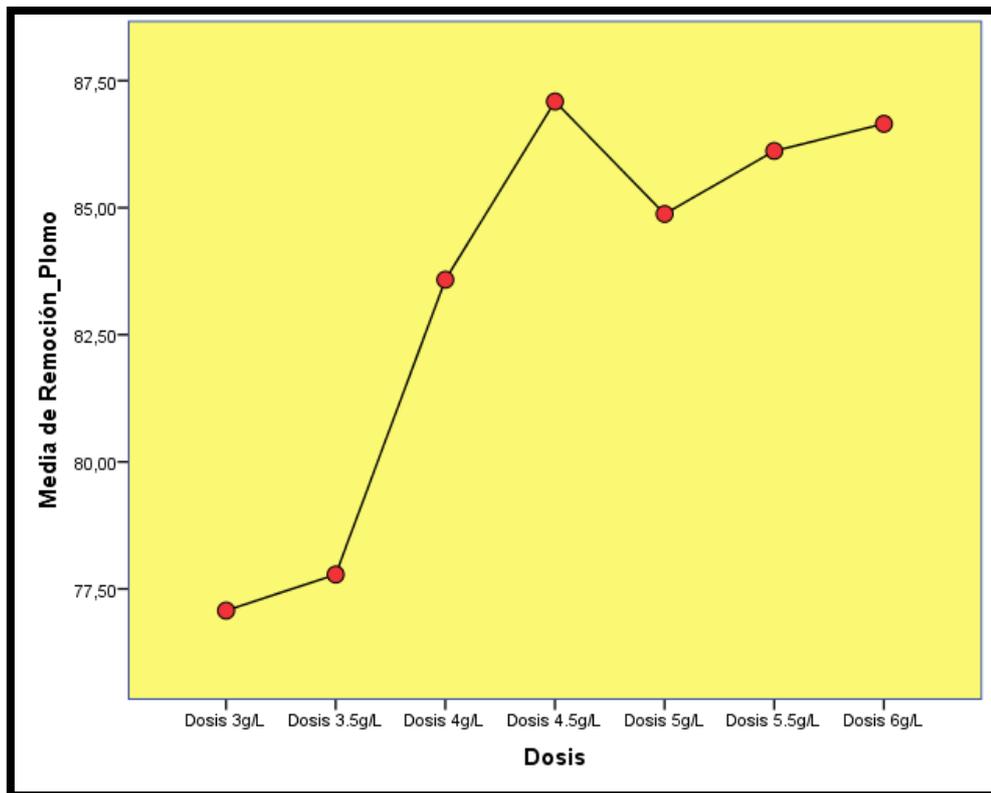


Figura 14. Gráfico de medias de remoción de plomo respecto a las concentraciones aplicadas de cáscara de castaña.

PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 2

Hipótesis: probaremos

Ho: La concentración óptima de concentración de cáscara de castaña que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte no es de 5 g/L

Ha: La concentración óptima de concentración de cáscara de castaña que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte es de 5 g/L

Estadística y región crítica de la prueba:

Si p-valor < α : rechaza Ho

Si p-valor > α : no rechaza Ho

Se obtuvo **p-valor** de: 0.000, 0.000, donde **α** de: 0.05

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 23, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valores menores que α , concluyéndose que la dosis óptima de concentración de cáscara de limón que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte es de 5 g/L.

3.2.4 Prueba de normalidad, ANOVA y HSD Tukey de la concentración óptimo de la cáscara de limón

3.2.4.1 Prueba de normalidad

Tabla 22. Prueba de Normalidad de remoción de Cr^{+6} y Pb respecto a la concentración de cáscara de limón

Remoción	Dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción_Cromo	3g/L	,282	3	.	,936	3	,510
	3.5g/L	,276	3	.	,942	3	,537
	4g/L	,238	3	.	,976	3	,702
	4.5g/L	,282	3	.	,936	3	,510
	5g/L	,287	3	.	,929	3	,485
	5.5g/L	,272	3	.	,947	3	,554
	6g/L	,324	3	.	,878	3	,317
Remoción_Plomo	3g/L	,282	3	.	,936	3	,510
	3.5g/L	,227	3	.	,983	3	,747
	4g/L	,319	3	.	,886	3	,341
	4.5g/L	,191	3	.	,997	3	,900
	5g/L	,229	3	.	,981	3	,739
	5.5g/L	,311	3	.	,898	3	,378
	6g/L	,274	3	.	,944	3	,545

Fuente: Tabla SPSS versión 23

Hipótesis: probaremos

H₀: Los resultados obtenidos de remoción de Cr y Pb siguen una distribución normal.

H_a: Los resultados obtenidos de la remoción de Cr y Pb no siguen una distribución

normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H_0

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H_0

p-valores obtenidos de:

- Valores de significancia de la remoción de cromo: 0.510, 0.537, 702, 0.510, 0.485, 0.554 y 0.317.

- Valores de significancia de la remoción de plomo: 0.510, 0.747, 0.341, 0.900, 0.739, 0.378 y 0.545.

donde α de: 0.05

Decisión

Debido a que se obtuvo **p-Valores** mayores a α , la **H_0** no se rechaza. En conclusión, los resultados obtenidos de remoción de Cr y Pb siguen una distribución normal. Se consideró valores estadísticos de significancia de Shapiro-Wilk por ser muestras pequeñas (< 50) indicando que los resultados tienen un rango de 95% de confiabilidad.

3.2.4.2 Prueba de ANOVA

Tabla 23. Anova de un factor de remoción de Cr^{+6} y Pb respecto a la concentración de cáscara de limón

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig .	
Remoción_Cromo	Entre grupos	188,591	6	31,432	1664,734	,000
	Dentro de grupos	,264	14	,019		
	Total	188,855	20			
Remoción_Plomo	Entre grupos	186,946	6	31,158	796,386	,000
	Dentro de grupos	,548	14	,039		
	Total	187,494	20			

Fuente: Tabla SPSS versión 23

En la Tabla 23, se observó la prueba estadística ANOVA de un factor para determinar la diferencia significativa de medias de remoción de Cr y Pb respecto a la concentración aplicada de cáscara de limón.

3.2.4.3 Prueba de HSD Tukey – Remoción de cromo

Tabla 24. HSD Tukey- Remoción de cromo

Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
3.5g/L	3	81,5000		
3g/L	3	81,6967		
4g/L	3		82,5900	
5g/L	3			87,7367
6g/L	3			87,9367
5.5g/L	3			88,0167
4.5g/L	3			88,1033
Sig.		,596	1,000	,065

Fuente: Tabla SPSS versión 23

En la Tabla 24, se mostró la prueba de HSD Tukey respecto a la remoción de cromo que permitió determinar la concentración óptima de la cáscara de limón que se requiere para la remoción eficiente de cromo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019. Por lo cual, se estableció que la dosis de 4,5g/L respecto a la remoción de cromo presenta la mayor diferencia de medias (88,1033), demostrándose así que es la concentración óptima.

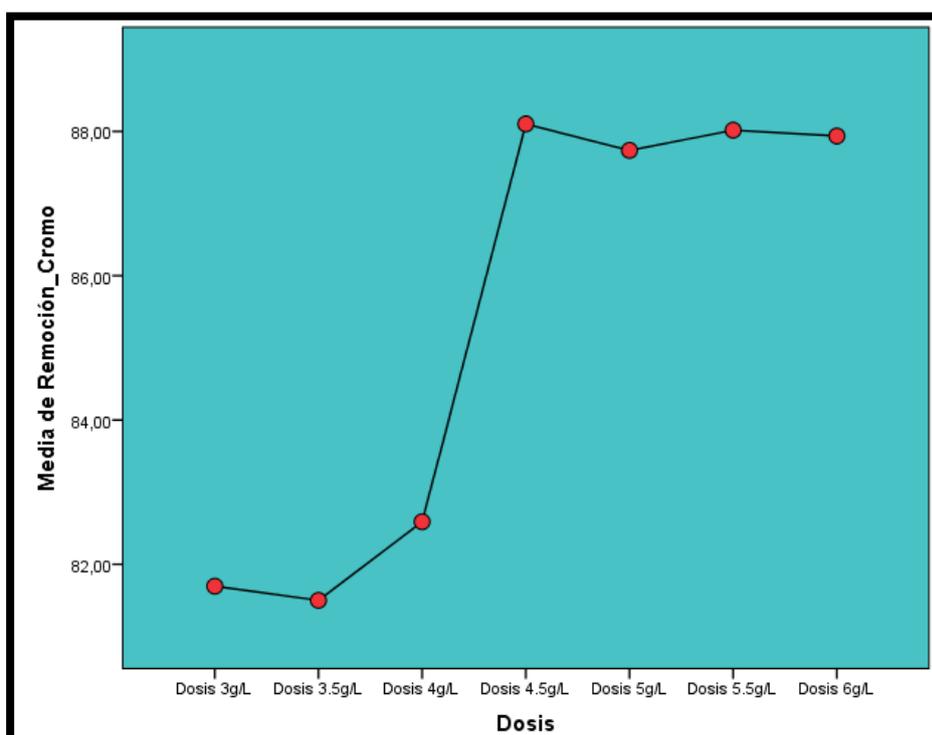


Figura 15. Gráfico de medias de remoción de cromo respecto a las concentraciones aplicadas de cáscara de limón

3.2.4.4 Prueba de HSD Tukey – Remoción de plomo

Tabla 25. HSD Tukey- Remoción de plomo

Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
3g/L	3	83,6867				
3.5g/L	3		84,3800			
4g/L	3			87,5000		
4.5g/L	3				88,9367	
5.5g/L	3					90,9067
6g/L	3					91,2233
5g/L	3					91,3467
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	,162

Fuente: Tabla de SPSS, elaboración propia, 2019.

En la Tabla 25, se mostró la prueba de HSD Tukey respecto a la remoción de plomo que permitió determinar la concentración óptima de la cáscara de limón que se requiere para la remoción eficiente de plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 201. Por ello, se determinó que la concentración optima fue de 5g/L respecto a la remoción de cromo, pues a esta concentración se presentó la mayor diferencia de medias (91,3467), demostrándose que es la concentración óptima.

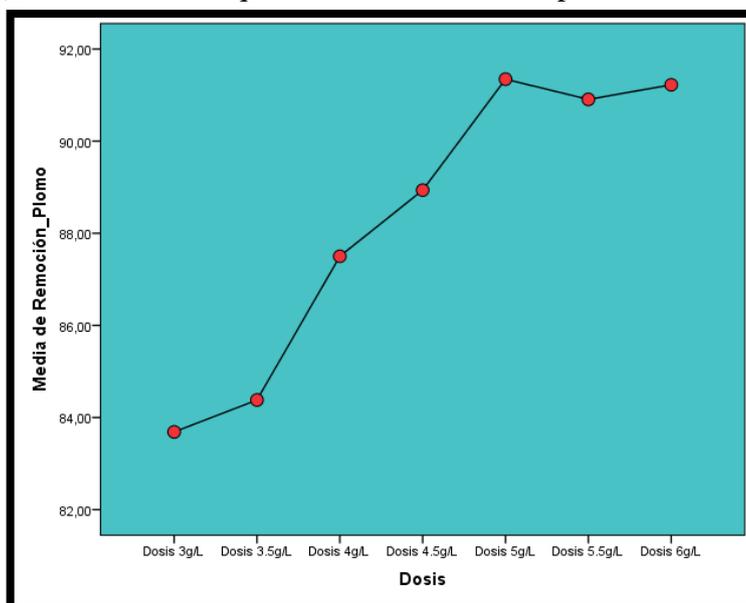


Figura 16. Gráfico de medias de remoción de plomo respecto a las concentraciones aplicadas de cáscara de limón

PRUEBA DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 4

Hipótesis: probaremos

Ho: La dosis óptima de concentración de cáscara de limón que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte no es de 5 g/L

Ha: La dosis óptima de concentración de cáscara de limón que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte es de 5 g/L

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

Se obtuvo **p-valor** de: 0.000, 0.000, donde **α** de: 0.05

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 4

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 23, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valores menores que α , concluyéndose que la dosis óptima de concentración de cáscara de limón que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte es de 5 g/L.

PRUEBA DE HIPOTESIS GENERAL

Hipótesis: probaremos

Ha: La cáscara de limón tiene una eficiencia mayor al 80% en comparación con la cáscara de castaña para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte– 2019.

Ho: La cáscara de limón no tiene una eficiencia mayor al 80% en comparación con la cáscara de castaña para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte– 2019.

Estadística y región crítica de la prueba:

Se obtuvo valores de significancia (p-valor) de: 0.000, 0.000, 0.000 y 0.000; considerando que **α** equivale a 0.05, se analiza lo siguiente:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 23, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valores menores que α , concluyéndose que la cáscara de limón tiene una eficiencia mayor al 80% en comparación con la cáscara de castaña para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte– 2019.

IV. DISCUSIÓN

Según YUANYUAN, Huang et al. (2018), mencionaron en su investigación que la cáscara de castaña obtuvo un porcentaje de remoción de Pb del 89,76% en muestras de solución acuosa, sin embargo, en esta investigación utilizando carbón activado elaborado a partir de cáscara de castaña, el porcentaje de eficiencia de la remoción de Pb fue del 87,07%. Mientras, SUMALATHA, B. et al. (2018) estudiaron la cáscara de limón como adsorbente de iones de Cr^{6+} presentes en efluentes industriales obtuvieron un porcentaje de eficiencia de remoción del 91,18%, lo cual se asemeja al porcentaje de eficiencia de remoción con cáscara de limón obtenido en este estudio, el cual fue del 91,33%.

En esta investigación la cáscara de castaña alcanzó un máximo porcentaje de remoción de plomo a pH 5, coincidiendo con el estudio realizado por ERTAS, Raziye et al. (2012), quienes investigaron la bioadsorción de plomo en muestra de solución acuosa empleando cáscara de castaña; y la máxima adsorción se consiguió a pH 5. Para el caso de la cáscara de limón la máxima adsorción de plomo fue a pH 5, similar al pH obtenido en la investigación realizada por SAINI, Jyoti et al. (2018) quienes lograron la eficiencia de adsorción de plomo a pH 6. El pH del carbón activado con cáscara de castaña alcanzó la máxima remoción de cromo a pH 5, a diferencia del estudio realizado por KAILAS, Doke y EJAZUDDIN, Khan (2012), quienes emplearon carbón activado elaborado a partir de cáscara de plátano, alcanzando la máxima remoción de Cr a pH 5,8. La cáscara de limón logró remover la máxima concentración de Cr a pH 5, siendo este valor similar al estudio realizado por SAINI, Jyoti et al. (2018), quienes emplearon cáscara de naranja para la remoción de Cr, obteniendo como resultado un pH óptimo de 6.

Según el estudio realizado por KAILAS, Doke y EJAZUDDIN, Khan (2012), emplearon carbón activado elaborado con cáscara de manzana y la eficiencia de remoción de Cr se logró a una concentración de 3,25 g/L, mientras que en esta investigación se elaboró carbón activado con cáscara de castaña y la concentración que logró la máxima adsorción fue 4,5 g/L para plomo y 5 g/L para cromo. La cáscara de limón logró la máxima eficiencia de adsorción a concentración de 4,5 g/L con relación al Cr y 5 g/L con respecto al plomo, siendo estas concentraciones similares a las que se obtuvo en el estudio realizado por SUMALATHA, B. et al.

(2018), el cual determino que la cáscara de limón a una concentración de 4,5g/L alcanza un mayor porcentaje de remoción.

Según LAVADO, Carmencita et al. (2012), investigaron la adsorción de cromo hexavalente empelando carbón activado, elaborado a partir de las astillas de eucalipto. La máxima adsorción de Cr^{+6} se logró a características de: área mesoporosa de 84,16 m^2/g , área superficial de 761,1 m^2/g y volumen del poro de 0,50 cm^3/g . Sin embargo, en esta investigación la cáscara de castaña alcanzó la máxima adsorción de cromo, presentado las siguientes características: área mesoporosa de 82,03 m^2/g , área superficial de 721,6 m^2/g y volumen del poro de 0,42 cm^3/g . Según LINARES, Jane (2018), la cáscara de castaña presenta un % de húmeda de 16,465 y % de ceniza de 3,409, dichos resultados semejantes al porcentaje de humedad y de ceniza que se calculó en esta investigación, siendo estos valores: 11% de húmeda y 4% de ceniza. Mientras, la cáscara de limón tuvo un % de humedad de 13 y un % de ceniza de 10, resultados similares a los obtenidos en la investigación realizada por LAURA, Virginia (2018), quien obtuvo para la cáscara de limón un % de humedad de 13 y un % de ceniza de 10. Además, en este estudio se determinó que el tamaño de partícula de la cáscara de limón, con el cual se logró la máxima adsorción (Cr y Pb) fue de 1113,2 nm. Este resultado, es equivalente a un tamaño de partícula de 0,01mm, medida que guarda relación al tamaño de partícula que se determinó en la investigación realizada por LAURA, Virginia (2018), quien obtuvo el máximo % de remoción con un tamaño de partícula de 0,04 mm.

V. CONCLUSIONES

La investigación mostró que la cáscara de limón tuvo mayor eficiencia de remoción de cromo y de plomo a partir de un efluente de curtiembre. Entre los resultados relevantes se obtuvo que:

- Las propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña como: pH, área mesoporosa, área superficial, volumen del poro, %ceniza y %humedad fueron de 5, 82,03 m²/g, 721,6 m²/g, 0,42 cm³/g, 4% y 11%, respectivamente.
- La concentración óptima para la remoción de cromo usando cáscara de castaña fue de 5 g/L, alcanzado una eficiencia del 87,78 %. Ya, para el plomo fue de 4,5 g/L, logrando una eficiencia del 87,09%.
- Las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón como: pH, tamaño de partícula, %ceniza y %humedad fueron de 5, 1113,2 nm, 10% y 13%, respectivamente.
- La concentración óptima para la remoción de Cr usando cáscara de limón fue de 4,5 g/L logrando una eficiencia del 88,10 %. Mientras, para Pb fue de 5 g/L alcanzando una eficiencia de 91,35%.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar la bioadsorción de cromo y de plomo en función del tiempo de contacto.
- Evaluar la eficiencia de remoción de cromo y de plomo empleando otras biomasas como adsorbentes.
- Evaluar la bioadsorción de cromo y de plomo, trabajando a diferentes tamaños de partícula de biomaterial.

REFERENCIAS

ABDELKADER, Iddou, MOHAMED, Hadj, ABDALLAH, Aziz y MOHAMED, Dijo. Biosorptive removal of lead (II) ions from aqueous solutions using *Cystoseira stricta* biomass: Study of the surface modification effect. *Revista Saudi Chemical Society*. [en línea]. Octubre 2010. n. °15. [Fecha de consulta 02 de agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319610310001237>

ALCIVAR, Mariana y MOSQUERA, Jessica. Concentración de metales pesados (Cr total, Pb, Cd) en agua superficial y sedimentos en el estero salado (Guayaquil). Tesis (Título Profesional de Biólogo). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2011. 71 pp. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/618/1/CONCENTRACION%20DE%20METALES%20PESADOS.pdf>

ARAUJO, Karen. Diseño de unidades de desmineralización del agua como medio de enfriamiento. Tesis (Título de Ingeniera Química). Ecuador: Universidad Central Ecuador, 2015. 236 pp. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4583/1/T-UC-0017-119.pdf>

ASHRAF, Ali, KHALID, Saeed y FAZAL, Mabood. Removal of chromium (VI) from aqueous medium using chemically modified banana peels as efficient low-cost adsorbent. *Revista Alexandria Engineering* [en línea]. Setiembre 2016. n.° 55. [Fecha de consulta 16 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016816301259>

CETINKAYA, Sema, TARGAN, Serif y TIRTOM, Nuket. Comparative adsorption of Pb (II) and Cd (II) ions on chestnut shell in aqueous system. *Revista Chemistry and Ecology*. [en línea]. Mayo 2018. n. °7. [Fecha de consulta 03 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02757540.2018.1472245?scroll=top&needAccess=true>

ISSN: 0275-7540

DEDAN, Esther, MURUNGI, Jane, HASSANALI, Ahmed y WANJAU, Ruth. Effect of Cd (II) and Cu (II) On the Removal of Pb (II), From Aqueous Solution by Chemically Modified Fruit Waste Adsorbents. *Revista Chemical Engineering and Chemical Process*. [en línea]. Marzo 2018. [Fecha de consulta 05 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://dl4.globalstf.org/?wpsc-product=effect-of-cd-ii-and-cu-ii-on-the-removal-of-pb-ii-from-aqueous-solution-by-chemically-modified-fruit-waste-adsorbents>

ISSN 2301-3761

DELGADO, Pavel. Remoción de iones plomo (II) de aguas sintéticas mediante el biosorbente obtenido de la cáscara de castaña. Tesis (Doctor en Ciencias y Tecnologías Medioambiente). Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2018. 132pp. Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6241/FSDlipojm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ERTAS, Raziye y ÖZTÜRK, Nese. Removal of lead from aqueous solutions by using chestnut shell as an adsorbent. *Revista Desalination and Water Treatment*. [en línea]. Junio 2012. n. 13 – 15. [Fecha de consulta 12 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2012.748266>

GAMBOA, Michel. Estadística aplicada a la investigación educativa. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. [en línea]. Enero 2018. n. 2. [Fecha de consulta 12 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://files.dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/200003703-3888f38ad3/18.1.5%20Estad%C3%ADstica%20aplicada%20a%20la%20investigaci%C3%B3n%20educativa..pdf>

ISSN: 2007 – 7890.

GANG, Yu, KUO, Han, JING, Wang, XIAO, Cheng, HONGMEI, Ma, ZHIGANG, Yang y GUANGLEI, Zhang. Steam-treated CeO₂-ZrO₂/activated carbon fibers for the efficient removal of Pb (II) from aqueous solutions. *Revista Coloides y superficies A: aspectos fisicoquímicos y de ingeniería* [en línea]. Abril 2019. n.º 566. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775719300093>

GARCÍA, Víctor, YIPMANTIN, Andrea, GUZMÁN, Enrique, PUMACHAGUA, Rodolfo y MALDONADO, Holger. Estudio de la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de cáscaras de cítricos. *Revista Soc Quím Perú*. [en línea]. Enero 2011. n. °3. [Fecha de consulta 20 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v77n3/a02v77n3.pdf>

GARCÍA, Victor, BORJA, Neptalí, GUZMÁN, Enrique, YIPMANTIN, Andrea y MALDONADO, Holger. Equilibrio de biosorción de plomo (ii) y caracterización mediante ft-ir y sem - edax en pectina reticulada proveniente de cáscaras de naranja. *Revista Soc Quím Perú*. [en línea]. Enero 2013. n. °3. [Fecha de consulta 20 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n3/a08v79n3.pdf>

GUZMÁN, Katherine y LUJÁN, Marcos. Reducción de emisiones de la etapa de pelambre en el proceso de curtido de pieles. *Revista Acta Nova*. [en línea]. Diciembre 2010. n. °4. [Fecha de consulta 20 de Mayo del 219]. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v4n4/v4n4a02.pdf>

ISSN: 1683-0789

HASSAN, Albishri, HADI, Marwani, MAHA, Batterjee y EZZAT, Soliman. Eriochrome Blue Black modified activated carbon as solid phase extractor for removal of Pb(II) ions from water samples. *Revista Árabe de Química*. [en línea]. Mayo 2017. n.° 10. [Fecha de consulta 10 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535213002232>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación. México: Edición 6°. 2014. pp. 634. Disponible en: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

HOMAIKAN, Ali, AL-QAHTANI, Hussein, AL-GHANAYEM, Abdullah, AMEEN, Fuad y IBRAHEEM, Bm. Potential use of green algae as a biosorbent for hexavalent chromium removal from aqueous solutions. *Revista saudita de ciencias biológicas* [en línea]. Diciembre 2018. n.° 25. [Fecha de consulta 16 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X18301724>

HUANÉ, Lourdes y RIVERA, Ronie. Evaluación de la adición de un inóculo para estimular a escala de laboratorio la biodegradación de efluentes grasos. Tesis (Título Profesional de Químico Farmacéutico). Perú: Universidad Mayor de San Marco, 2014. 65 pp. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3885/Huan%C3%A9_jl.pdf?sequence=1&isAllowed=y

JAIN, Monica, YADAV, Mithilesh, KOHOUT, Tomas, LAHTINEN, Manu, KUMAR, Vinod y SILLANPAA, Mika. Development of iron oxide/activated carbon nanoparticle composite for the removal of Cr (VI), Cu (II) and Cd (II) ions from aqueous solution. *Revista de recursos hídricos e industriales* [en línea]. Diciembre 2018. N° 20. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371718300714>

JIE, Luo, HAIJUN, Zhang y JIAN, Yang. Hydrothermal synthesis of sodalite on alkali-activated coal fly ash for removal of lead ions. *Revista Procedia Environmental Sciences* [en

línea]. Junio 2016. n.º 31. [Fecha de consulta 10 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616001067>

JYOTI, Saini, GARG, V y GUPTA, R. Green synthesized SiO₂@OPW nanocomposites for enhanced Lead (II) removal from water. *Revista Árabe de Química*. [en línea]. Junio 2018. [Fecha de consulta 11 de agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535218301308>

KAILAS, Doke y EJAZUDDIN, Khan. Equilibrium, kinetic and diffusion mechanism of Cr(VI) adsorption onto activated carbon derived from wood apple shell. *Revista Árabe de Química*. [en línea]. Agosto 2012. n.º 10. [Fecha de consulta 02 de agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535212001906>

LAURA, Virginia. Estudio de la determinación de la actividad floculante en aguas provenientes del río chili conteniendo As y Cr tratados con pectina obtenidos a partir de la cáscara de naranja, limón y mandarina. Tesis (Maestra en Ciencias, con mención en Gerencia, Auditoria y Gestión Ambiental). Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2018. 137pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6884/QUMlative.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LAVADO, Carmencita, SUN KOU, María, RECUAY, Nidia. Remoción de cromo (VI) empleando carbones preparados por activación química a partir de las astillas de eucalipto. *Revista de la sociedad química del Perú* [en línea]. Junio 2012. Nº 78. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2012000100003

ISSB: 1810-634X

LINARES, Jane. Remoción de iones plomo (ii) de aguas sintéticas mediante el biosorbente obtenido de la cáscara de castaña (*bertholletia excelsa*). Tesis (Doctor en Ciencias y Tecnologías Medioambientales). Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018. 132 pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6241/FSDlipojm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LÓPEZ, Ana, MUÑOZ, Fénix, TORRES, Cecilia, ZAMORA, María, SOLTERO, Jazmín y GUTIÉRREZ, Porfirio. Determinación de la Capacidad de Adsorción de Plomo (II) en Mezclas de Cáscaras de Naranja y Limón Para la Elaboración de Prototipo de Biofiltro Como una Alternativa Para el Tratamiento de Aguas Contaminadas. *Revista Química*

Ambiental. [en línea]. 2016. n. ° 26. [Fecha de consulta 20 de Mayo del 2019]. Disponible en: http://sqm.org.mx/PDF/2017/memorias2017/08Memorias_QAMB.pdf

ISSN: 2448-914X

MARSHALL, Richard y ESPINOZA, Joao. Evaluación del poder biosorbente de las cáscaras de cítricos (Limón y Toronja) para eliminación de metales pesados; Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en aguas residuales sintéticas. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Químico). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2016. 114 pp. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18100/1/401-1208%20%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20poder%20biosorbente%20de%20las%20c%C3%A1scaras%20de%20c%C3%ADtricos.pdf>

MERMA, Antonio. Biossorção de tolueno na presença da estirpe *Rhodococcus opacus*. Tesis (Licenciado en Ingeniería de Materiales y Procesos Químicos y Metalúrgicos). Brasil: Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro, 2015. 77 pp. Disponible en: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/26296/26296.PDF>

MOHAMMED, Fathy, MOHAMMED, ZAYED Y MOUSTAFA, Y. Synthesis and applications of CaCO₃/HPC core-shell composite subject to heavy metals adsorption processes. *Revista Heliyon* [en línea]. Agosto 2019. n.º 05. [Fecha de consulta 18 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240584401935875X>

MOHAMMAD, Sayed, ALI, Mohammad, NASIBEH, Sayedeh, SHAMSPUR, Tayebah y HAMIDIAN, Hooshang. Removal of Pb (II) ions and malachite green dye from wastewater by activated carbon produced from lemon peel. *Revista Química Nova*. [en línea]. Junio 2014. n. °5. [Fecha de consulta 09 de Mayo del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422014000500008

ISSN: 0100-4042

MOHAMMED, Thamer y IBRAHIM, Raheek. Remediation of Cu (II) from Well Water of Iraq by Using Cortex of Fruits and Agricultural Waste. *Revista Arab science and engineering*. [en línea]. Febrero 2016. n. °2. [Fecha de consulta 09 de Mayo del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281670115_Remediation_of_CuII_from_Well_Water_of_Iraq_by_Using_Cortex_of_Fruits_and_Agricultural_Waste

ISSN: 1319-8025

MOLINA, Nancy, AGUILAR, Patricia y CORDOVEZ, Clemencia. Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Revista Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. [en línea]. Junio 2010. n. °1. [Fecha de consulta 23de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.Dialnet-PlomoCromoIIICromoVIYSusEfectosSobreLaSaludHumana-5599145%20.pdf>

MONIKA, Jain, MITHILESH, Yadav, TOMAS, Kohout, MANU, Lahtinen, VINOD, Kumar y MIKA, Sillanpaa. Development of iron oxide/activated carbon nanoparticle composite for the removal of Cr(VI), Cu(II) and Cd(II) ions from aqueous solution. *Revista Water Resources and Industry* [en línea]. Diciembre 2018. n.° 20. [Fecha de consulta 10 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371718300714>

OCHOA, Jesús. Estudio ambiental de la curtiembre la Unión. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Químico). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2003. 84 pp. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_b42555abbe24734dcaa9d5c31996e714

ORTIZ, Nidia y CARMONA, Juan. Aprovechamiento de Cromo eliminado en aguas residuales de curtiembre (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. *Revista Luna Azul*. [en línea]. Noviembre 2014. n. 40. [Fecha de consulta 16 de Abril del 2019] . Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a09.pdf>

ISSN: 1909 – 2472

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Revista Int J. Morphol*. [en línea]. Noviembre 2017. n. 35. [Fecha de consulta 16 de Abril del 2019] . Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

PARI, Deyvi. Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del Río Ananea – Puno. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Agrícola). Perú: Universidad Nacional del Antiplano, 2017. 98 pp. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7074?show=full>

PARLAYICI, Serife y PEHLIVAN, Erol. Natural biosorbents (garlic stem and horse chesnut shell) for removal of chromium (VI) from aqueous solutions. *Revista Environmental monitoring and assessment*. [en línea]. Noviembre 2015. [Fecha de consulta 05 de Mayo del 2019]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/284185655_Natural_biosorbents_garlic_stem_and_horse_chesnut_shell_for_removal_of_chromiumVI_from_aqueous_solutions

PIZÓN, Martha y VERA, Luz. Modelamiento de la cinética de bioadsorción de cr (III) usando cáscara de naranja. *Revista Dyna*. [en línea]. Diciembre 2009. n. °160. [Fecha de consulta 15 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49612068033>

ISSN 0012-7353

PRIMERA, Oliva, COLPAS, Fredy, MEZA, Edgardo y FERNÁNDEZ, Roberto. Carbones activados a partir de bagazo de caña de azúcar y zuro de maíz para la adsorción de cadmio y plomo. *Revista académica de Colombia* [en línea]. Setiembre 2011. n.º 35. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v35n136/v35n136a12.pdf>

ISSN: 0370-3908

QUINTALES, Cristina y TAVARES, Teresa. Removal of chromium(VI) and cadmium(II) from aqueous solution by a bacterial biofilm supported on granular activated carbón. *Revista Biotechnology Letters* [en línea]. Junio 2011. Nº. 23. [Fecha de consulta 30 de Agosto del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226794018_Removal_of_chromiumVI_and_cadmiumII_from_aqueous_solution_by_a_bacterial_biofilm_supported_on_granular_activated_carbon

RANE, N, ADMANE, Shraddha y SAPKAL, R. Adsorption of Hexavalent Chromium from Wastewater by Using Sweetlime and Lemon Peel Powder by Batch Studies. *Revista Waste Management and Resource Efficiency*. [en línea]. Enero 2019. [Fecha de consulta 07 de Mayo del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327823662_Adsorption_of_Hexavalent_Chromium_from_Wastewater_by_Using_Sweetlime_and_Lemon_Peel_Powder_by_Batch_Studies_Proceedings_of_6th_IconSWM_2016

RAI, M, MEENA, Shahi, CHAKRABORTY, S, SINGH, R y RAI, B. Removal of hexavalent chromium Cr (VI) using activated carbon prepared from mango kernel activated with H₃PO₄. *Revista Tecnologías eficientes en recursos* [en línea]. Diciembre 2016. n.º 02. [Fecha de consulta 20 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405653716300707>

RAZAFSHA, Aysouda y ZIARATI, Parisa. Removal of Heavy Metals from *Oryza sativa* Rice by Sour Lemon Peel as Bio-sorbent. *Revista Biomedical & Pharmacology*. [en línea]. Junio 2016. n. °2. [Fecha de consulta 07 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://biomedpharmajournal.org/vol9no2/removal-of-heavy-metals-from-oryza-sativa-rice-by-sour-lemon-peel-as-bio-sorbent/>

RINAUDO, Marguerite. Chitin and chitosan: Properties and applications. *Revista Progress in polymer science*. [en línea]. Julio 2006. n. °7. [Fecha de consulta 20 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670006000530>

RODRÍGUEZ, A, RAMÍREZ, M, RIVERO, D, BOSQUEZ, E, BARRERA, L y BAUTISTA, S. Propiedades químico-estructurales y actividad biológica de la quitosana en microorganismos fitopatógenos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. [en línea]. Diciembre 2009. n. °3. [Fecha de consulta 16 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/609/60912186012.pdf>

ISSN: 1027-152X

S.A, Shama y M.A. Gad. Removal of Heavy Metals (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{3+} and Cd^{2+}) from Aqueous Solutions by Using Hebba Clay and “Activated Carbon. *Revista Portugaliae Electrochimica Acta* [en línea]. Agosto 2010. Nº 4. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0872-19042010000400003

ISSN: 0872-1904

SÁENZ, Amaia. Muestreo y selección de fuentes de información. *Revista Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria*. [en línea]. Agosto 2015. Nº 4. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en: https://www.semfyec.es/wp-content/uploads/2018/01/M3_curso_intro_investigacion_cualitativa.pdf

SAMANIEGO, Maricela y ESTRADA, Edwin. Diseño y construcción de un equipo mixto de molienda y tamizado para materiales minerales. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012. 117 pp. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1973/1/96T00152.pdf>

SAMPAIO, Caroline, FROTA, Lucas, MAGALHAES, Herbert, DUTRA, Lilian, QUEIROZ, Danilo, ARAÚJO, Rinaldo, BECKER, Helena, SOUZA, José, RICARDO, Nágila y TREVISAN, Maria. Chitosan/mangiferin particles for Cr(VI) reduction and removal. *Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas*. [en línea]. Julio 2015. n.

78. [Fecha de consulta 03 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813015001907>

SHRIDHAR, Bagali, BYCHAPUR, Gowrishankar y AASHIS, Roy. Optimization, Kinetics, and Equilibrium Studies on the Removal of Lead(II) from an Aqueous Solution Using Banana Pseudostem as an Adsorbent. *Revista Engineering* [en línea]. Junio 2017. n.º 3. [Fecha de consulta 14 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917304332>

Disponible en: <https://iwaponline.com/ws/article-abstract/11/1/1/25129/Removal-of-lead-from-aqueous-solutions-by?redirectedFrom=fulltext>

SUMALATHA, B, VENKATANARAYANA, A, BADU, John, RAJASEKHAR, P, DIVYA, P. Experimental Investigation on Biosorption of Chromium from Aqueous Solution using Citrus limonium peel: Optimization of Process Parameters using Central Composite Design. *Revista Research of Pharmacy and Technology*. [en línea]. Diciembre 2018. n. °12. [Fecha de consulta 05 de Mayo del 2019]. Disponible en: <http://rjptonline.org/AbstractView.aspx?PID=2018-11-12-7>

ISSN: 0974-3618

SUN-KOU, María del Rosario, OBREGÓN, Daniel, PINEDO, Ángela, PAREDES, Ana y AYLAS, Javier. Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje. *Revista de la sociedad química del Perú* [en línea]. Diciembre 2014. N° 4. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000400002

ISSN: 1810-634X

SWETA, Mohan, YOGENDRA, Singh, DEVENDRA, Verma y HADI, Syed. Synthesis of CuO nanoparticles through green route using Citrus limon juice and its application as nanosorbent for Cr (VI) remediation: Process optimization with RSM and ANN-GA basyuaed model. *Revista Process Safety and Environmental Protection*. [en línea]. Mayo 2015. [Fecha de consulta 01 de Mayo del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277337764_Synthesis_of_CuO_nanoparticles_through_green_route_using_Citrus_limon_juice_and_its_application_as_nanosorbent_for_Cr_VI_remediation_Process_optimization_with_RSM_and_ANN-GA_based_model

ISSN: 0975-5820

TAM, Jorge, VERA, Giovanna y OLIVERO, Ricardo. Tipos, Métodos y Estrategias de Investigación Científica. *Revista de la Escuela de Posgrado*. [en línea]. 2008. [Fecha de

consulta 23 de Mayo del 2019]. Disponible en:
http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf

TAPIA, Patricia, PAVEZ, Osvaldo, GARRIDO, Natali y SEPÚLVEDA, Bernardo. Remoción de Iones Cobre y Níquel con Cáscara de Maní. *Revista Holos*. [en línea]. Agosto 2018. n. °3. [Fecha de consulta 07 de Mayo del 2019]. Disponible en:
<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/7064>

ISSN: 1807 – 1600

TEJADA, Candelaria, VILLABONA, Ángel y GARCÉS, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Revista Tecnol* [en línea]. Octubre 2014. N° 34. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-77992015000100010

ISSN: 0123-7799

TEJADA, Tovar, VILLABONA, Ángel y GARCÉS, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Revista Tecno Lógicas*. [en línea]. Octubre 2014. n. °34. [Fecha de consulta 15 de Mayo del 2019]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n34/v18n34a10.pdf>

ISSN: 0123-7799

TOMUL, Fatma, AR SLAM, Yasin y BUSRA, Azime. Removal of Lead (II) from Water by Agro-Industrial by-Products Adsorbent. *Revista Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. [en línea]. Setiembre 2018. [Fecha de consulta 09 de Mayo del 2019]. Disponible en:
http://www.researchgate.net/publication/327731374_Removal_of_Lead_II_from_Water_by_Agro-Industrial_by-Products_Adsorbent

TU, Biyang, WANG, Kaiqian, CHENG, Yalin, DENG, Yuqing, CAO, Wei, ZHANG, Kaihui y TAO, Haisheng. Efficient removal of aqueous hexavalent chromium by activated carbon derived from Bermuda grass. *Revista de coloides y ciencia de la interfaz* [en línea]. Octubre 2019. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021979719312901>

VASQUEZ, Gonzalo, CALVO, Marcos, FREIRE, Sonia, GONZÁLES, Julia y ANTORRENA, Gervasio. Chestnut shell as heavy metal adsorbent: Optimization study of lead, copper and zinc cations removal. *Revista Hazardous Materials*. [en línea]. Septiembre 2009. n. ° 2 – 3. [Fecha de consulta 07 de Mayo del 2019]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/26776470_Chestnut_Shell_as_Heavy_Metal_Adsorbent_Optimization_Study_of_Lead_Copper_and_Zinc_Cations_Removal

WANG, C, DU, Y y LV, KL. Synthesis of carboxylated chitosan and its adsorption properties for cadmium (II), lead (II) and copper (II) from aqueous solutions. *Revista Water Science & Technology—WST*. [en línea]. 2009. n. °2. [Fecha de consulta 07 de Mayo del 2019]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19633389>

XAVIER, Gracieli, DALLA, Raquel y BARRETO, Marcio. Preparation and application of Zero Valent Iron immobilized in Activated Carbon for removal of hexavalent Chromium from synthetic effluent. *Revista ambiente y agua* [en línea]. Julio 2019. N° 5. [Fecha de consulta 27 de Agosto del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2019000500304

ISSN: 1980-993X

YANARICO, Marco. Efecto de la adición de pectina obtenida de la penca de tuna (opuntia ficus-indica) en la calidad sensorial y propiedades texturales del pan francés. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Industrial). Perú: Universidad Nacional del Antiplano, 2016. 89 pp. Disponible en: [file:///C:/Users/sarita%20ortiz/Downloads/Yanarico_Choquehuanca_Marco_Antonio%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/sarita%20ortiz/Downloads/Yanarico_Choquehuanca_Marco_Antonio%20(1).pdf)

YUANYUAN, Huang, RENBANG, Zhao, WEIHUA, Liu, PENGHUI, Zhang, SHUAI, Wang y LIN, Wang. Using pretreated chestnut endothelium to adsorb lead and cadmium ions from water. *Revista Saudi of Biological Sciences*. [en línea]. Setiembre 2018. n. °6 [Fecha de consulta 10 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X18300330>

ZAHARADDEEN, Garba, IDRIS, Bello, AHMAD, Galadima y LAWAL, Aisha. Optimization of adsorption conditions using central composite design for the removal of copper (II) and lead (II) by defatted papaya seed. *Revista Karbala Internacional de Ciencia Moderna* [en línea]. Marzo 2016. n.º 2. [Fecha de consulta 09 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405609X15300907>

INSTRUMENTO DE CONTROL DEL PH ÓPTIMO DE LOS BIOADSORBENTES

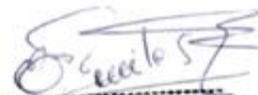
FICHA DE CONTROL DEL PH ÓPTIMO DE LOS BIADSORBENTES						
NOMBRE					FECHA	
BIADSORBENTE	pH	CROMO mg/ml		PLOMO mg/ml		
		CI	CF	CI	CF	
CÁSCARA DE CASTAÑA	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	9					
	11					
CÁSCARA DE LIMÓN	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	9					
	11					

INSTRUMENTO DE CONTROL DE LA DOSIS ÓPTIMA DE LOS BIADSORBENTES

FICHA DE CONTROL DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE METALES PESADOS									
NOMBRE							FECHA		
BIOADSORBENTE	DOSIS (g)	pH ÓPTIMO	CROMO mg/ml			PLOMO mg/ml			
			Cl	CF	%	Cl	CF	%	
CÁSCARA DE CASTAÑA									
CÁSCARA DE LIMÓN									

FICHA DE CONTROL DEL PH ÓPTIMO DE LOS BIADSORBENTES						
NOMBRE					FECHA	
BIADSORBENTE	pH	CROMO mg/ml		PLOMO mg/ml		
		CI	CF	CI	CF	
CÁSCARA DE CASTAÑA	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	9					
	11					
CÁSCARA DE LIMÓN	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	9					
	11					

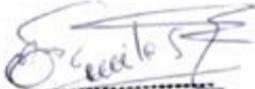

**CARLOS ALBERTO
 CASTAÑEDA OLIVERA**
 INGENIERO METALÚRGICO
 RUC CEP: 730267


BENITEZ ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71198


Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. Química - CIP N° 56871
 Mtra. en Gestión Ambiental

FICHA DE CONTROL DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE METALES PESADOS									
NOMBRE							FECHA		
BIOADSORBENTE	DOSIS (g)	pH ÓPTIMO	CROMO mg/ml			PLOMO mg/ml			
			CI	CF	%	CI	CF	%	
CÁSCARA DE CASTAÑA									
CÁSCARA DE LIMÓN									


**CARLOS ALBERTO
 CASTAÑEDA OLIVERA**
 INGENIERO METALÚRGICO
 RUC: CIP: 730267


GENIER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71198


Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. Química - CIP N° 56871
 Mtra. en Gestión Ambiental

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CATAÑEDA OLEVERA CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - asesor de tesis / UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Muestreo
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejia, Mayra Kiara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, de Junio del 2019

[Firma]

DNI N° 42422238 Telf.: 976194774

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - asesor de tesis / UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control de pH óptimo de los bioadsorbentes
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejía, Mayra Kiara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, de Junio del 2019



 DNI N°: 40921238 Telf.: 976194774

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - asesor de tesis / UCV Lima Norte
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control del porcentaje de remoción de metales pesados
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejía, Mayra Kiara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, de Junio del 2019



FONO N° 42422233 Telf. 976194774

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: PTC - UCV - Decanato de Ingeniería
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Muestreo
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejía, Mayra Kiara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

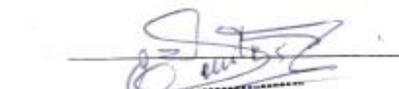
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

89.5 %

Lima, 06 de Junio del 2019


 ELMER GONZALEZ BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CP. N° 11960
 DNI N° Telf.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alcaro Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: O.T.C. - UCV - Docente - Metodológica
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control de pH óptimo de los bioadsorbentes
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejia, Mayra Klara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 06 de Junio del 2019


 ELMER GONZALES BENITES ALCARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CP Nº 11000
 DNI N°

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Beales Alcaro Elmer
 1.2. Cargo e institución donde labora: D.T.C. - UCY - Docente - Metodológica
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control del porcentaje de remoción de metales pesados
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejia, Mayra Kiara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

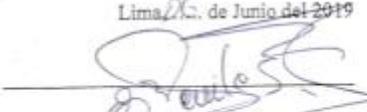
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

S
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 20 de Junio del 2019


 ELMER BEALES ALCARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CP N° 7198
 D.N.I.N.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: PERALTA MEDINA, JUAN ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: ESPECIALISTA AMBIENTAL - ODEA
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Muestreo
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejia, Mayra Kiara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95	%
----	---

Lima, 07 de Junio del 2019

Juan Alberto Peralta Medina

Juan Alberto Peralta Medina

Ing. Químico - CIP N° 56671

Mtro. en Gestión Ambiental

DNI N° 89123409. Tel: 532 7655

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:..... PERALTA MEDINA, JUAN ALBERTO.....
 1.2. Cargo e institución donde labora:..... ESPECIALISTA AMBIENTAL - OEFA.....
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control de pH óptimo de los bioadsorbentes
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejia, Mayra Kiara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

94.5 %

Lima, 07 de Junio del 2019

Juan Alberto Peralta

Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. Químico - CIP N° 56071
 Mtro. en Gestión Ambiental c/cif: 5327655

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: PERALTA MEDINA, JUAN ALBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: ESPECIALISTA AMBIENTAL - COFEA
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control del porcentaje de remoción de metales pesados
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Artica Mejia, Mayra Kiara y Sierra Ortiz, Sarita Priscila

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

93.5 %

Lima, 07 de Junio del 2019

Juan Alberto Peralta Medina

Juan Alberto Peralta Medina
 Ing. Químico - CIP N° 54671
 Mtro. en Gestión Ambiental
 DNI N° 28027909 Telf.: 032 76655

ANEXO III: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición					
¿Cuál de los bioadsorbentes (cáscara de castaña y limón) tiene mayor eficiencia en la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?	Estudiar la eficiencia de remoción de Cr y Pb que presentan los bioadsorbentes (cáscara de castaña y limón).	La cáscara de limón tiene una eficiencia mayor al 89% en comparación con la cáscara de castaña para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019.	Variable independiente 1: Eficiencia de la cáscara de castaña	Propiedades físicas y químicas	pH	1 – 14					
					Area superficial	m ² /g					
					Ceniza	%					
					Humedad	%					
			Variable independiente 2: Eficiencia de la cáscara de limón	Concentración del bioadsorbente	Masa/volumen	g/L					
					Propiedades físicas y químicas	pH	1 – 14				
						Tamaño de la partícula	nm				
						Ceniza	%				
Humedad	%										
Concentración del bioadsorbente	Masa/volumen	g/L									
		Hipótesis Específicos	Remoción de cromo	$\% \text{ remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$ CI=Concentración inicial de Cr ⁺⁶ . CF=Concentración final de Cr ⁺⁶ .	Porcentaje (%)						
						Problema Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicos	Remoción de plomo	$\% \text{ remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$ CI=Concentración inicial de Pb CF=Concentración final de Pb	
											¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la cáscara de castaña para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?
¿Cuál es la concentración (g/L) óptima de cáscara de castaña que se requiere para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?	Determinar la concentración (g/L) óptima de la cáscara de castaña que se requiere para la remoción eficiente de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019.										La dosis óptima de concentración de cáscara de castaña que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte es de 4 g/L.
¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?	Evaluar las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019.	Las propiedades físicas y químicas de la cáscara de limón presentan las características correctas para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019.									
¿Cuál es la concentración (g/L) óptima de la cáscara de limón que se requiere para la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019?	Determinar la concentración (g/L) óptima de la cáscara de limón que se requiere para la remoción eficiente de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte – 2019.	La dosis óptima de concentración de cáscara de limón que permite la remoción de cromo y plomo en una curtiembre de Ate Vitarte es de 5 g/L.									

ANEXO IV: PROCESO DE LA CURTIEMBRE

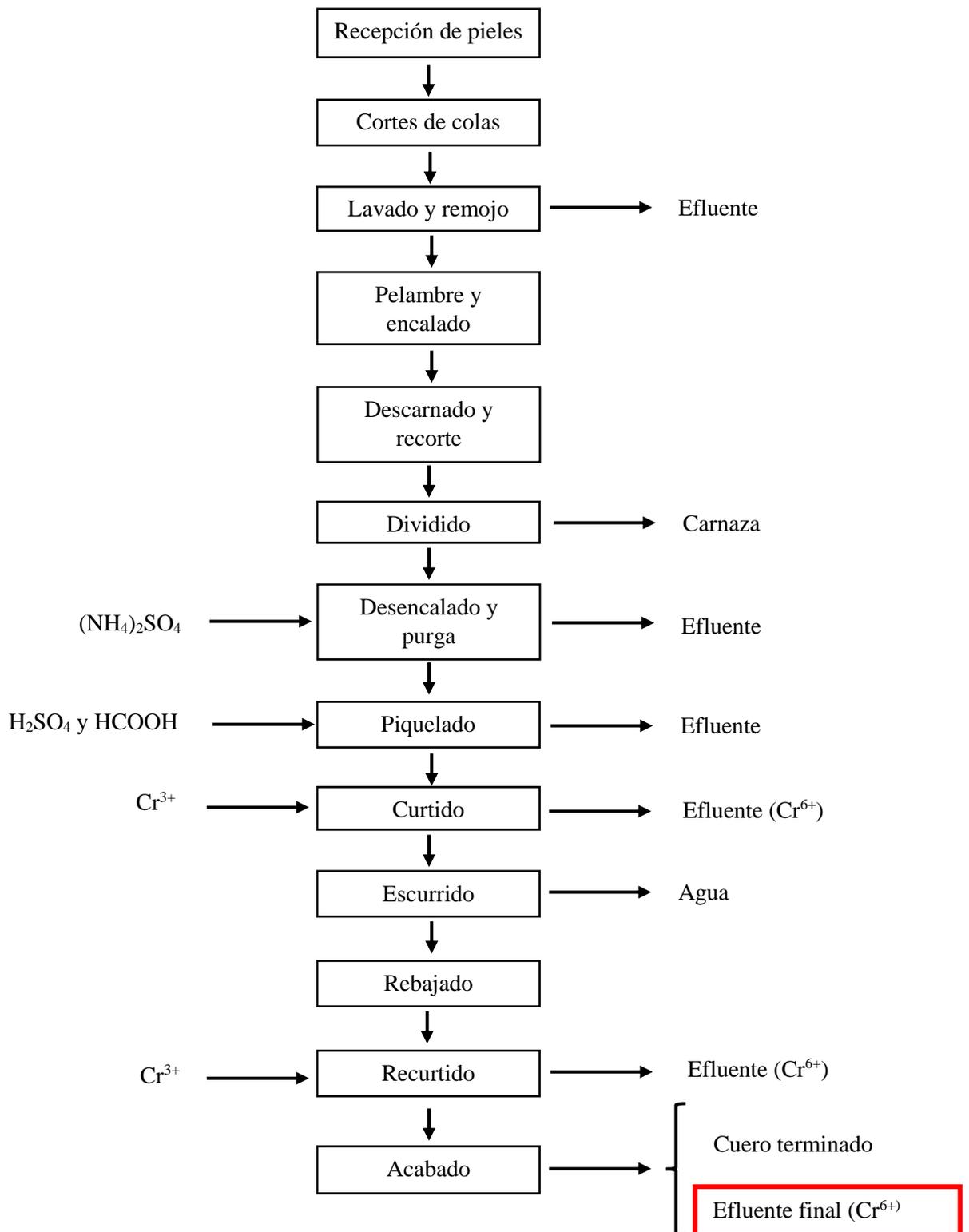


Figura 17. Proceso de la industria de la curtiembre.

ANEXO V: FTIR DE LA CÁSCARA DE CASTAÑA

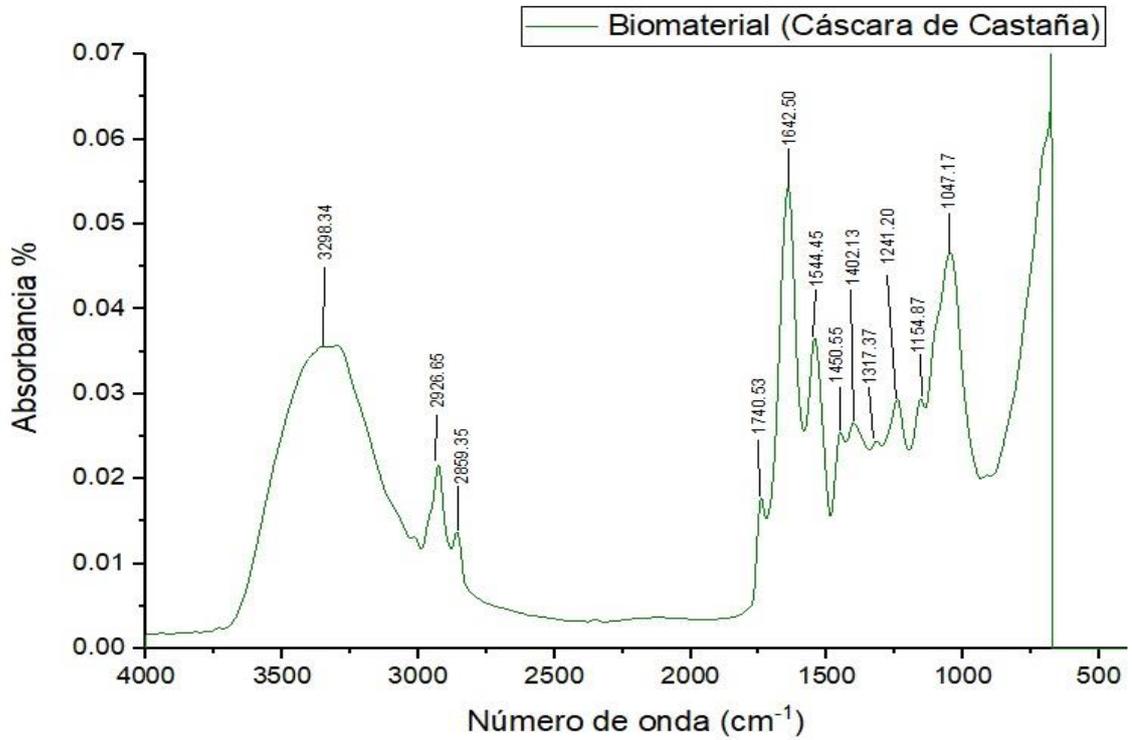
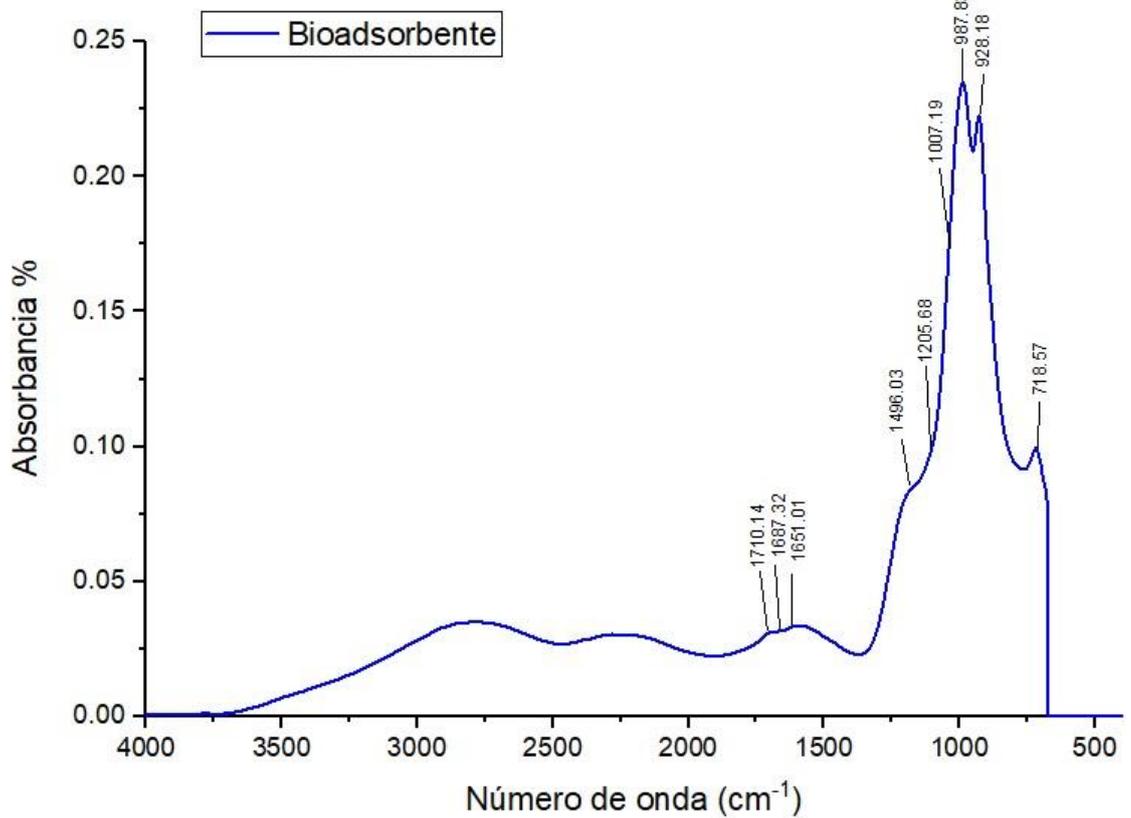


Figura 18. FT-IR del biomaterial (cáscara de castaña)



FT-IR del bioadsorbente

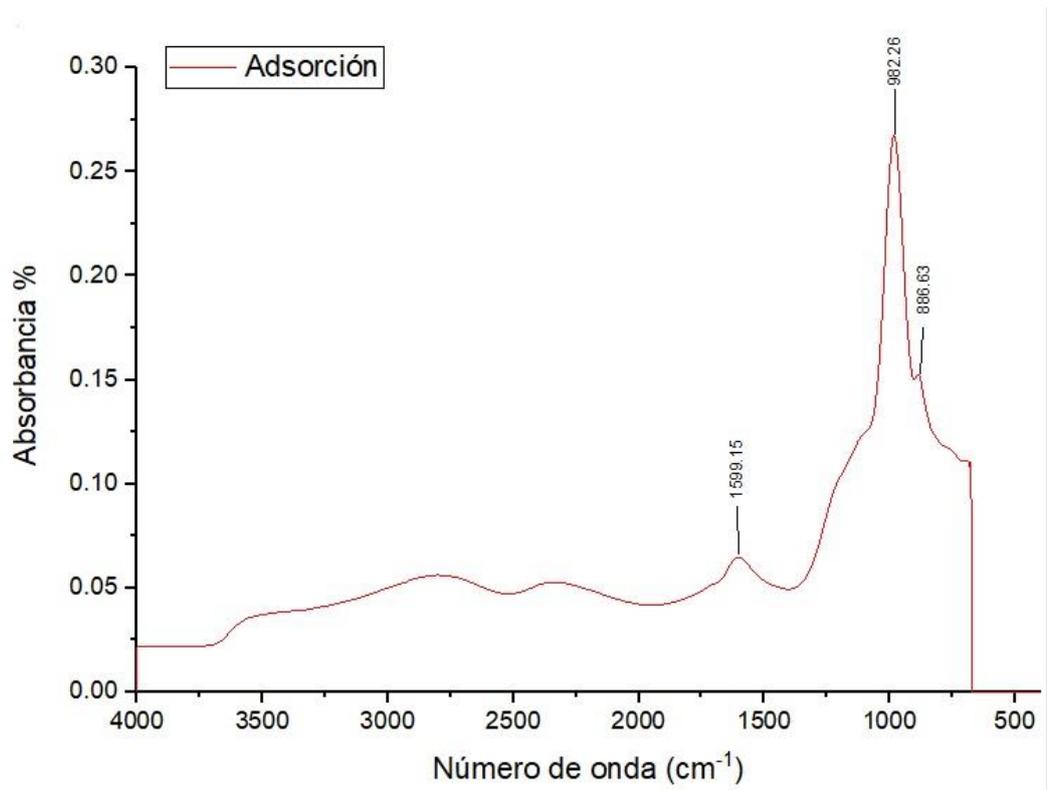


Figura 20. FT-IR de la adsorción

ANEXO VI: FTIR DE LA CÁSCARA DE LIMÓN

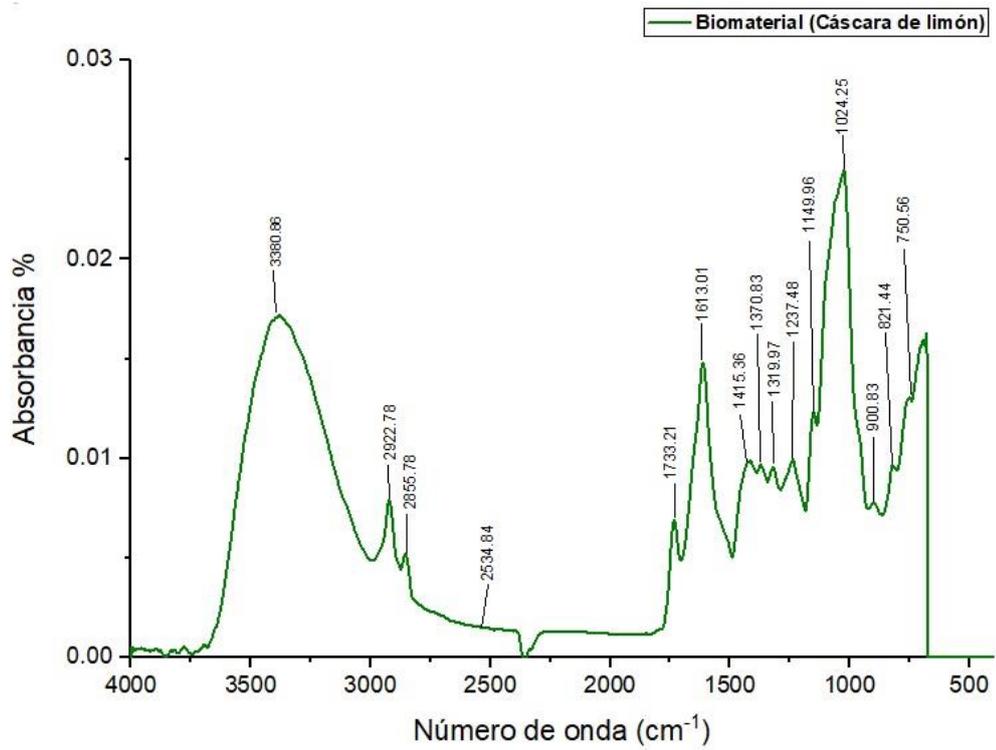


figura 21. FT-IR del biomaterial (cáscara de limón)

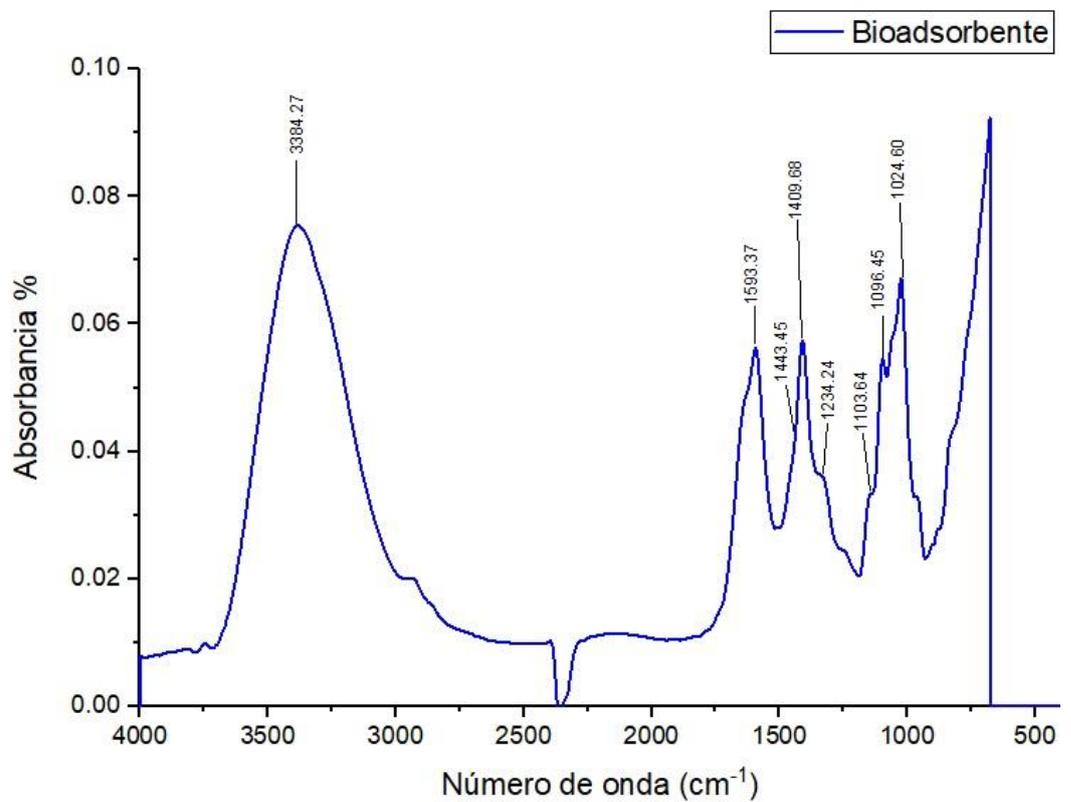


Figura 22. FT-IR del bioadsorbente

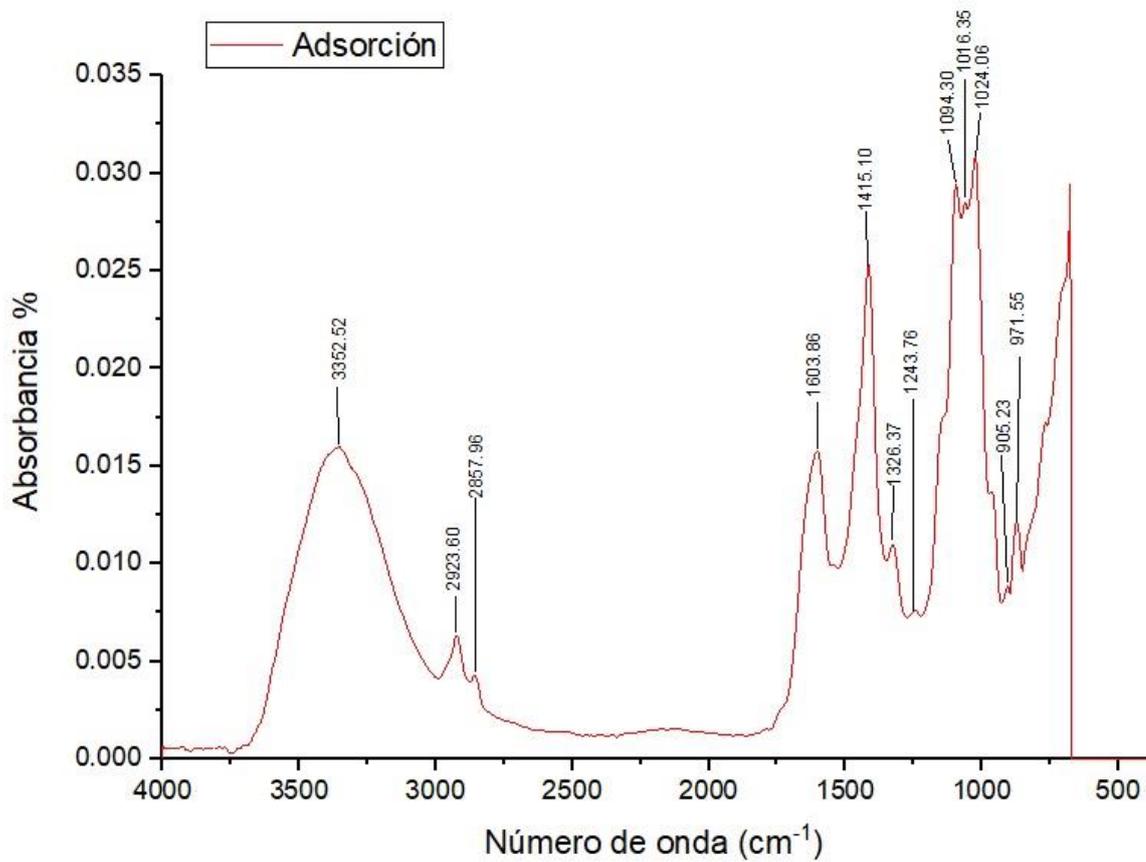


Figura 23. FT-IR de la adsorción

ANEXO VII: INFORME DE ENSAYO



ENSAYO N°01 -N- 2019
LABORATORIO DE QUIMICA - UCV
INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE AGUA

Dirección: Los Olivos, Lima - Perú
Tipo de ensayo: Análisis Físicoquímicos
Matriz: Efluente de la curtiembre
Descripción de la muestra: Muestra tratada con bioadsorbentes
Muestra tomado por: Sarita Priscila Sierra Ortiz
Fecha de ingreso de la muestra: 4/10/2019
Lugar donde se realizó el ensayo: Laboratorio de Química - UCV Lima Norte
Tipo de análisis: Químico – pH

Análisis	Tipo de bioadsorbente	Fecha de análisis	Resultados	Unidad/Escala
Químico				
pH	Cáscara de Castaña (carbón activado)	16/10/2019	5	1 - 14
		16/10/2019	4	
		23/10/2019	3	
		23/10/2019	6	
		29/10/2019	7	
		29/10/2019	9	
		29/10/2019	11	

Análisis	Tipo de bioadsorbente	Fecha de análisis	Resultados	Unidad/Escala
Químico				
pH	Cáscara de Limón (peptina)	23/10/2019	3	1 - 14
		23/10/2019	4	
		29/10/2019	5	
		29/10/2019	6	
		29/10/2019	7	
		29/10/2019	9	
		29/10/2019	11	



Hitler Román Pérez
 Técnico en Laboratorio de Calidad Ambiental



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP. 130267
 Investigador CONCYTEC: 17089

ANEXO VIII: RESULTADOS DE ANÁLISIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS DE UNA MUESTRA DE EFLUENTE

SOLICITADO POR : **MAYRA KIARA ARTICA MEJÍA**

Procedencia de muestras : Curtiembre – Ate Vitarte

Recepción de muestras : Lima, 11 de Octubre del 2019

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestra	Cr ⁺⁶ (mg/L)	Pb (mg/L)
Muestra Inicial	35.69	1.88

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 16 de Octubre del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE CATORCE MUESTRAS DE EFLUENTES

SOLICITADO POR : MAYRA KIARA ARTICA MEJÍA
Procedencia de muestras : Curtiembre – Ate Vitarte
Recepción de muestras : Lima, 21 de Octubre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Nº	Muestras	Cr ⁶ (mg/L)	Pb(mg/L)
1	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 3	10.53	0.82
2	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 4	10.09	0.91
3	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 5	9.68	0.38
4	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 6	10.84	0.49
5	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 7	11.11	0.56
6	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 9	11.17	0.58
7	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 11	11.12	0.61
8	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 3	6.52	0.61
9	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 4	6.43	0.51
10	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 5	6.36	0.49
11	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 6	6.44	0.6
12	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 7	6.52	0.64
13	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 9	6.55	0.67
14	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 11	6.57	0.7

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 23 de Octubre del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE CATORCE MUESTRAS DE EFLUENTES

SOLICITADO POR : **MAYRA KIARA ARTICA MEJÍA**
Procedencia de muestras : Curtiembre – Ate Vitarte
Recepción de muestras : Lima, 21 de Octubre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Nº	Muestras	Cr ⁶ (mg/L)	Pb(mg/L)
1	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 3	10.65	0.81
2	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 4	10.14	0.47
3	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 5	9.72	0.37
4	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 6	10.85	0.45
5	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 7	11.12	0.57
6	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 9	11.11	0.59
7	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 11	11.19	0.62
8	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 3	6.51	0.62
9	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 4	6.41	0.56
10	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 5	6.37	0.51
11	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 6	6.45	0.56
12	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 7	6.54	0.65
13	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 9	6.59	0.69
14	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 11	6.6	0.66

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 23 de Octubre del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE CATORCE MUESTRAS DE EFLUENTES

SOLICITADO POR : **MAYRA KIARA ARTICA MEJÍA**
Procedencia de muestras : Curtiembre – Ate Vitarte
Recepción de muestras : Lima, 25 de Octubre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Nº	Muestras	Cr ⁶ (mg/L)	Pb(mg/L)
1	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 3	10.58	0.78
2	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 4	10.15	0.43
3	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 5	9.71	0.41
4	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 6	10.88	0.47
5	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 7	11.16	0.55
6	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 9	11.13	0.57
7	Efluente + Carbón activado(castaña) 2 gr con pH 11	11.18	0.6
8	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 3	6.54	0.61
9	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 4	6.45	0.53
10	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 5	6.39	0.53
11	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 6	6.47	0.57
12	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 7	6.52	0.61
13	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 9	6.58	0.66
14	Efluente + Cáscara de limón 2 gr con pH 11	6.61	0.71

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 29 de Octubre del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE CATORCE MUESTRAS DE EFLUENTES

SOLICITADO POR : **MAYRA KIARA ARTICA MEJÍA**
Procedencia de muestras : Curtiembre – Ate Vitarte
Recepción de muestras : Lima, 25 de Octubre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Nº	Muestras	Cr ⁺⁶ (mg/L)	Pb(mg/L)
1	Efluente + Carbón activado (3gr) con pH 5	6.2	0.435
2	Efluente + Carbón activado (3.5gr) con pH 5	6.04	0.412
3	Efluente + Carbón activado (4gr) con pH 5	5.57	0.305
4	Efluente + Carbón activado (4.5gr) con pH 5	4.24	0.243
5	Efluente + Carbón activado (5gr) con pH 5	4.33	0.289
6	Efluente + Carbón activado (5.5gr) con pH 5	5.11	0.259
7	Efluente + Carbón activado (6gr) con pH 5	5.02	0.249
8	Efluente + Cáscara de limón (3gr) con pH 5	6.54	0.308
9	Efluente + Cáscara de limón (3.5gr) con pH 5	6.49	0.291
10	Efluente + Cáscara de limón (4gr) con pH 5	6.22	0.231
11	Efluente + Cáscara de limón (4.5gr) con pH 5	4.24	0.209
12	Efluente + Cáscara de limón (5gr) con pH 5	4.33	0.159
13	Efluente + Cáscara de limón (5.5gr) con pH 5	4.27	0.167
14	Efluente + Cáscara de limón (6gr) con pH 5	4.33	0.166

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 29 de Octubre del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE CATORCE MUESTRAS DE EFLUENTES

SOLICITADO POR : MAYRA KIARA ARTICA MEJÍA
Procedencia de muestras : Curtiembre – Ate Vitarte
Recepción de muestras : Lima, 18 de Noviembre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Nº	Muestras	Cr ⁶ (mg/L)	Pb(mg/L)
1	Efluente + Carbón activado (3gr) con pH 5	6.29	0.431
2	Efluente + Carbón activado (3.5gr) con pH 5	6.09	0.422
3	Efluente + Carbón activado (4gr) con pH 5	5.65	0.311
4	Efluente + Carbón activado (4.5gr) con pH 5	5.27	0.241
5	Efluente + Carbón activado (5gr) con pH 5	4.37	0.285
6	Efluente + Carbón activado (5.5gr) con pH 5	5.08	0.263
7	Efluente + Carbón activado (6gr) con pH 5	5.09	0.253
8	Efluente + Cáscara de limón (3gr) con pH 5	6.51	0.309
9	Efluente + Cáscara de limón (3.5gr) con pH 5	6.69	0.294
10	Efluente + Cáscara de limón (4gr) con pH 5	6.25	0.233
11	Efluente + Cáscara de limón (4.5gr) con pH 5	4.27	0.207
12	Efluente + Cáscara de limón (5gr) con pH 5	4.41	0.162
13	Efluente + Cáscara de limón (5.5gr) con pH 5	4.25	0.177
14	Efluente + Cáscara de limón (6gr) con pH 5	4.32	0.166

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 20 de Noviembre del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE CATORCE MUESTRAS DE EFLUENTES

SOLICITADO POR : MAYRA KIARA ARTICA MEJÍA
Procedencia de muestras : Curtiembre – Ate Vitarte
Recepción de muestras : Lima, 18 de Noviembre del 2019

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Nº	Muestras	Cr ⁺⁶ (mg/L)	Pb(mg/L)
1	Efluente + Carbón activado (3gr) con pH 5	6.35	0.427
2	Efluente + Carbón activado (3.5gr) con pH 5	6.08	0.419
3	Efluente + Carbón activado (4gr) con pH 5	5.61	0.31
4	Efluente + Carbón activado (4.5gr) con pH 5	5.26	0.244
5	Efluente + Carbón activado (5gr) con pH 5	4.39	0.279
6	Efluente + Carbón activado (5.5gr) con pH 5	5.1	0.261
7	Efluente + Carbón activado (6gr) con pH 5	5.08	0.251
8	Efluente + Cáscara de limón (3gr) con pH 5	6.55	0.306
9	Efluente + Cáscara de limón (3.5gr) con pH 5	6.63	0.296
10	Efluente + Cáscara de limón (4gr) con pH 5	6.17	0.241
11	Efluente + Cáscara de limón (4.5gr) con pH 5	4.23	0.208
12	Efluente + Cáscara de limón (5gr) con pH 5	4.39	0.167
13	Efluente + Cáscara de limón (5.5gr) con pH 5	4.31	0.169
14	Efluente + Cáscara de limón (6gr) con pH 5	4.27	0.161

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 20 de Noviembre del 2019


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANEXO IX: TABLAS DE RESULTADOS

Tabla 26. Resultados de pH óptimo de la cáscara de castaña para la remoción de Cr⁺⁶ y Pb

pH	Cr ⁺⁶ inicial (mg/L)	Cr ⁺⁶ final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)	Pb inicial (mg/L)	Pb final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
3	35,69	10,53	70,50	1,88	0,82	56,38
		10,65	70,16		0,81	56,91
		10,58	70,36		0,78	58,51
4		10,09	71,73		0,41	78,19
		10,14	71,59		0,47	75,00
		10,15	71,56		0,43	77,13
5		9,68	72,88		0,38	79,79
		9,72	72,77		0,37	80,32
		9,71	72,79		0,41	78,19
6		10,84	69,63		0,49	73,94
		10,85	69,60		0,45	76,06
		10,88	69,52		0,47	75,00
7	11,11	68,87	0,56	70,21		
	11,12	68,84	0,57	69,68		
	11,16	68,73	0,55	70,74		
9	11,17	68,70	0,58	69,15		
	11,11	68,87	0,59	68,62		
	11,13	68,81	0,57	69,68		
11	11,12	68,84	0,61	67,55		
	11,19	68,65	0,62	67,02		
	11,18	68,67	0,6	68,09		

Tabla 27. Resultados del pH óptimo de la cáscara de limón para la remoción de Cr⁺⁶ y Pb

pH	Cr ⁺⁶ inicial (mg/L)	Cr ⁺⁶ final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)	Pb inicial (mg/L)	Pb final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
3	35,69	6,52	81,73	1,88	0,61	67,55
		6,51	81,76		0,62	67,02
		6,54	81,68		0,61	67,55
4		6,43	81,98		0,51	72,87
		6,41	82,04		0,56	70,21
		6,45	81,93		0,53	71,81
5		6,36	82,18		0,49	73,94
		6,37	82,15		0,51	72,87
		6,39	82,10		0,53	71,81
6		6,44	81,96		0,6	68,09
		6,45	81,93		0,56	70,21
		6,47	81,87		0,57	69,68
7	6,52	81,73	0,64	65,96		
	6,54	81,68	0,65	65,43		
	6,52	81,73	0,61	67,55		
9	6,55	81,65	0,67	64,36		
	6,59	81,54	0,69	63,30		
	6,58	81,56	0,66	64,89		
11	6,57	81,59	0,7	62,77		
	6,6	81,51	0,66	64,89		
	6,61	81,48	0,71	62,23		

Tabla 28. Resultados de la concentración óptima de la cáscara de castaña para la remoción de Cr^{+6} y Pb

Concentración (g/L)	Cr^{+6} inicial (mg/L)	Cr^{+6} final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)	Pb inicial (mg/L)	Pb final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
3	35.69	6.21	82.60	1.88	0.435	76.86
		6.29	82.38		0.431	77.07
		6.35	82.21		0.427	77.29
3.5		6.04	83.08		0.412	78.09
		6.09	82.94		0.422	77.55
		6.08	82.96		0.419	77.71
4		5.57	84.39		0.305	83.78
		5.65	84.17		0.311	83.46
		5.61	84.28		0.31	83.51
4.5		5.24	85.32		0.243	87.07
		5.27	85.23		0.241	87.18
		5.26	85.26		0.244	87.02
5	4.33	87.87	0.289	84.63		
	4.37	87.76	0.285	84.84		
	4.39	87.70	0.279	85.16		
5.5	5.11	85.68	0.259	86.22		
	5.08	85.77	0.263	86.01		
	5.1	85.71	0.261	86.12		
6	5.02	85.93	0.249	86.76		
	5.09	85.74	0.253	86.54		
	5.08	85.77	0.251	86.65		

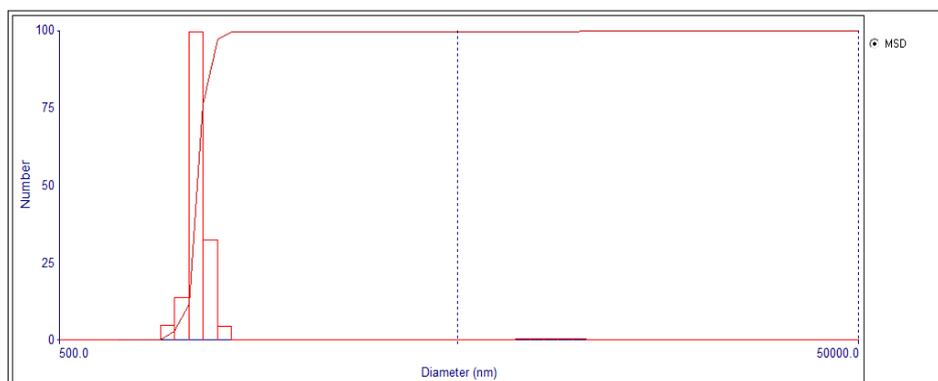
Tabla 29. Resultados de la concentración óptima de la cáscara de limón para la remoción de Cr^{+6} y Pb

Concentración (g/L)	Cr ⁺⁶ inicial (mg/L)	Cr ⁺⁶ final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)	Pb inicial (mg/L)	Pb final (mg/L)	Eficiencia de remoción (%)
3	35,69	6,54	81,68	1,88	0,305	83,78
		6,51	81,76		0,309	83,56
		6,55	81,65		0,306	83,72
3.5		6,49	81,82		0,291	84,52
		6,69	81,26		0,294	84,36
		6,63	81,42		0,296	84,26
4		6,22	82,57		0,231	87,71
		6,25	82,49		0,233	87,61
		6,17	82,71		0,241	87,18
4.5		4,24	88,12		0,209	88,88
		4,27	88,04		0,207	88,99
		4,23	88,15		0,208	88,94
5		4,33	87,87		0,159	91,54
		4,41	87,64		0,162	91,38
		4,39	87,70		0,167	91,12
5.5		4,27	88,04		0,167	91,12
		4,25	88,09		0,177	90,59
		4,31	87,92		0,169	91,01
6	4,33	87,87	0,166	91,17		
	4,32	87,90	0,168	91,06		
	4,27	88,04	0,161	91,44		

ANEXO X: RESULTADO DE DLS

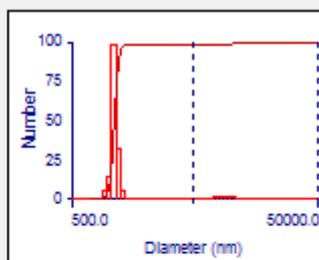
Sample ID L1 (Combined)
Date - Time Nov 15, 2019 18:32:16
Operator ID saire
Elapsed Time 00:01:30
Mean Diam. 1113.2 nm
Rel. Var. 0.008
Skew 41.377

L1 (Combined)
Nov 15, 2019 18:32:16
Effective Diameter: 2850.4 nm
Polydispersity: 0.382
Avg. Count Rate: 413.7 kcps
Baseline Index: 0.0
Elapsed Time: 00:01:30



Run	Eff. Diam. (nm)	Half Width (nm)	Polydispersity	Baseline Index
1	2224.2	1372.5	0.381	3.7
2	3467.9	2342.4	0.456	0.0
3	3000.7	1881.2	0.393	8.8
Mean	2897.6	1865.4	0.410	4.2
Std. Error	362.7	280.1	0.023	2.6
Combined	2850.4	1762.7	0.382	0.0

Sample ID L1 (Combined)
Date - Time Nov 15, 2019 18:32:16
Operator ID saire
Elapsed Time 00:01:30
Mean Diam. 1113.2 nm
Rel. Var. 0.008
Skew 41.377



d(nm)	G(d)	C(d)	d(nm)	G(d)	C(d)	d(nm)	G(d)	C(d)
731.0	0	0	1796.6	0	100	4415.4	0	100
793.3	0	0	1949.6	0	100	4791.5	0	100
860.8	0	0	2115.7	0	100	5199.7	0	100
934.2	5	3	2295.9	0	100	5642.6	0	100
1013.7	14	12	2491.5	0	100	6123.3	0	100
1100.1	100	76	2703.7	0	100	6644.9	0	100
1193.8	32	97	2934.0	0	100	7210.9	0	100
1295.5	4	100	3183.9	0	100	7825.1	0	100
1405.8	0	100	3455.1	0	100	8491.7	0	100
1525.6	0	100	3749.5	0	100	9215.0	0	100
1655.5	0	100	4068.8	0	100	10000.0	0	100

Number