



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

**ADSORCIÓN DE CROMO HEXAVALENTE DE LECHOS ACUÁTICOS
UTILIZANDO BIOMASA DE PEPA DE PALTA (*Persea americana Mill*),
AREQUIPA 2020**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO
FARMACÉUTICO**

AUTORES:

BACH. MOLLINEDO CHÁVEZ ADRIANA MARILIA

BACH. HUANCA QUISPE ALICIA

ASESOR:

Mg. PONCE PARDO, ELOY JOHN

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la sabiduría, salud y amor para la finalización de mi trabajo de investigación.

Este trabajo lo dedico mi familia quienes con su paciencia, comprensión y apoyo me brindaron la fortaleza para seguir adelante en la realización de mi tesis, manteniendo presente mis principios y valores, en especial mi abuela Vilma Talavera Leiva por todo lo que fomento en mí, dándome el ejemplo de superación, humildad y sacrificio.

A mi mama Leonor Chávez y Carmen Valdivia quienes me brindaron su apoyo incondicional y ánimos para la finalización de mi tesis.

A mis amigos Alicia, Brayan, Paulo, Fredy y Jhon con quienes compartí conocimiento, alegría, tristeza y permitirme aprender más de la vida.

Mollinedo Chávez Adriana Marilia

A DIOS, por su infinita misericordia quién ilumino mi camino para poder obtener este grado académico.

A mi hijo Edrick Sebastián Barrantes por ser una de mis principales fuentes de motivación, que me ayudo a terminar con éxito esta investigación y que esta carrera sea tan solo la base de sus aspiraciones futuras.

A mi madre Justina Quispe por apoyarme a lo largo de mi vida y carrera, a mis hermanos por su ejemplar perseverancia.

A mi esposo Edwing Barrantes por alentarme en culminar este peldaño y por todo lo que significa en mi vida.

A mi mejor amiga Adriana Marilia por su gran apoyo y comprensión, por enseñarme el valor de la verdadera amistad

Huanca Quispe Alicia

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros maestros de la facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por ser partícipes en nuestra formación profesional, por brindarnos no sólo conocimientos, sino también sus experiencias en los diferentes campos laborales.

Agradecemos a la Doctora Celia Choquenaira Quispe, por la confianza brindada, y ser guía en la realización de nuestra tesis.

De igual manera agradecemos a la universidad María Auxiliadora a la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de manera especial al Magister Eloy John Ponce Pardo tutor de nuestro proyecto de Investigación, quien ha guiado con su paciencia y rectitud, por los consejos brindados y sugerencias aportadas.

Mollinedo Chávez Adriana Marilia

Huanca Quispe Alicia

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE ANEXOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1. Enfoque y diseño de la investigación	15
2.2. Población, muestra y muestreo	16
2.3. Variables de investigación	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
2.5. Proceso de recolección de datos	17
2.6. Métodos de análisis estadístico.....	18
2.7. Aspectos éticos.....	18
III. RESULTADOS.....	19
IV. DISCUSION.....	43
4.1. Discusión de resultados	43
4.2. Conclusiones.....	46

4.3. Recomendaciones	47
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	48
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Curva de calibración de la determinación espectrofotométrica de cromo hexavalente.....	20
Tabla 2. Ensayo de Reproducibilidad (precisión).....	23
Tabla 3. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2.....	26
Tabla 4. Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 4.....	28
Tabla 5. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 6.....	30
Tabla 6. Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 8.....	32
Tabla 7. Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 10.....	34
Tabla 8. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 75-150 μ m.....	36
Tabla 9. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 150-300 μ m.....	38
Tabla 10. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 300-425 μ m.....	40
Tabla 11. Características de la ecuación que describe la cinética de adsorción de cromo (VI).....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pepa de palta (<i>Persea americana</i> Mill) en tamices ASTM (American Society for Testing Materials).....	20
Figura 2. Curva de Calibración entre la concentración de Cromo (VI) y las absorbancias promedio	21
Figura 3. Gráfico de concentración (eje x) y desviación estándar de la absorbancia (eje y).	24
Figura 4. Adsorción de cromo (VI) a pH=2	25
Figura 5. Adsorción de cromo (VI) a pH=4	27
Figura 6. Adsorción de cromo (VI) a pH 6	29
Figura 7. Adsorción de cromo (VI) a pH=8	31
Figura 8. Adsorción de cromo (VI) a pH=10	33
Figura 9. Adsorción de cromo (VI) a pH=2 con tamaño de partícula de adsorbente de 75-150 μ m	36

Figura 10. Adsorción de cromo (VI) a pH=2 con tamaño de partícula de adsorbente de 150-300 μ m	37
Figura 11. Adsorción de cromo (VI) a pH=2 con tamaño de partícula de adsorbente de 300-425 μ m	39
Figura 12. Ajuste del modelo matemático Bradley al perfil de adsorción de Cromo (VI)	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	55
ANEXO 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA	56
ANEXO 3. EVIDENCIAS DE TRABAJO DE CAMPO	65
ANEXO 4. CONSTANCIA DE DETERMINACION DE MUESTRAS	76

RESUMEN

Objetivo: Determinar capacidad de adsorción de cromo hexavalente de lechos acuáticos utilizando biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*).

Material y método: Estudio tipo analítico, prospectivo y longitudinal, nivel explicativo, método deductivo y su diseño fue experimental, para llevarse a cabo la investigación primero se determinó los parámetros de linealidad, precisión y sensibilidad del método analítico espectrofotométrico para la determinación de Cromo (VI); posteriormente se evaluó el efecto de pH 2, 4, 6, 8 y 10 en el proceso de adsorción de Cr (VI) en lechos acuáticos utilizando diferentes tamaños de partícula (75-150 μm , 150-300 μm , 425-600 μm) de biomasa de pepa de palta

Resultados: Se determinó que el método analítico para determinar cromo (VI) por espectrofotometría visible es lineal como un valor $R^2 = 0,9989$, en relación a la adsorción de cromo (VI) se determinó que mientras más ácido es el pH del medio, mayor es el porcentaje de adsorción de cromo (VI) observándose así que a pH 2 el 100% de cromo es removido en los primeros 15 minutos, además, se observó que mientras más pequeño el tamaño de partícula, mayor es el porcentaje de adsorción de cromo (VI), por tanto, tamaños de partículas de 75 – 150 μm adsorbieron el 100% de cromo en los primeros 15 minutos, finalmente, se determinó que la cinética de adsorción de cromo (VI) a pH =2 y tamaño de partícula de 75-150 μm es de orden 1 planteado por el modelo de Bradley.

Conclusiones: Se determinó que la biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*) tiene capacidad para remover cromo (VI) de lechos acuáticos, además, el pH ácido (pH=2) y menor partícula de biomasa (75-150 μm), favorecen la capacidad de remoción.

Palabra clave: Adsorción, cromo (VI), biomasa, palta

ABSTRACT

Objective: To determine the adsorption capacity of hexavalent chromium from aquatic beds using biomass of avocado seed (*Persea americana Mill*).

Material and method: Analytical, prospective and longitudinal study, explanatory level, deductive method and its design was experimental, to carry out the research first the parameters of linearity, precision and sensitivity of the spectrophotometric analytical method for the determination of Chromium were determined (SAW); Subsequently, the effect of pH 2, 4, 6, 8 and 10 on the Cr (VI) adsorption process in aquatic beds was evaluated using different particle sizes (75-150 μm , 150-300 μm , 425-600 μm) of avocado seed biomass

Results: It was determined that the analytical method to determine chromium (VI) by visible spectrophotometry is linear as a value $R^2 = 0.9989$, in relation to the adsorption of chromium (VI) it was determined that the more acidic the pH of the medium is, The higher the percentage of chromium (VI) adsorption, thus observing that at pH 2 100% of chromium is removed in the first 15 minutes, in addition, it was observed that the smaller the particle size, the higher the percentage of adsorption of chromium (VI), therefore, particle sizes of 75 - 150 μm adsorbed 100% of chromium in the first 15 minutes, finally, it was determined that the kinetics of chromium (VI) adsorption at pH = 2 and particle size 75-150 μm is of order 1 posed by the Bradley model.

Conclusions: It was determined that the avocado seed biomass (*Persea americana* Mill) has the capacity to remove chromium (VI) from aquatic beds, in addition, the acidic pH (pH = 2) and a lower biomass particle (75-150 μm), they favor the removal capacity.

Keyword: Adsorption, chromium (VI), biomass, avocado

1. INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XIX la industria del curtido es una actividad que viene siendo vital, desarrollada desde hace cientos de años, cuya técnica ha ido cambiando y mejorando con el tiempo. Por otro lado, hasta el año 2006 las estadísticas nos mostraron que los principales países que producen cuero fueron Italia, India y China, siendo su producción anual de 613,07, 199,45 y 161,52 millones de metros cuadrados de cuero respectivamente. En América, Brasil y Argentina se ubicaron entre los 10 países con mayor producción. La producción mundial se basa principalmente en cueros bovinos (65%) y en menor cantidad los cueros de cerdo, cabra, oveja, cabra y cerdo (15,9 y 11%) ⁽¹⁾.

En el Perú las empresas dedicadas a la curtiembre ya sea formal o informal, se encuentran principalmente en las ciudades de Lima, Trujillo y Arequipa. El reporte técnico en el Perú para la industria de las curtiembres (MITINCI, abril 1999)⁽²⁾ indicó que aproximadamente el 50% del cuero producido a nivel nacional proviene de empresas formales. Debido al incumplimiento de la documentación ya sea de las empresas formales como las informales ⁽³⁾. En Arequipa y Trujillo hay parques industriales donde se reúnen empresas, entre ellas las del sector curtiembre. Contar con estas instalaciones es beneficioso ya que permite a las empresas unir esfuerzos en tratamiento de efluentes. El reporte técnico del MITINCI aconsejó que estos parques industriales coloquen plantas de tratamiento de aguas residuales comunes y plantas de reciclaje de cromo; pero hasta la fecha no se sabe si estas medidas han sido tomadas y si hubo alguna mejora. La existencia de empresas de curtido informales representa un problema debido a que vierten sus efluentes sin ningún tratamiento previo, aumentando los niveles de contaminación en los ríos ⁽³⁾.

En la ciudad de Arequipa existen empresas diversas que se dedican al curtido de pieles, en el parque industrial de Río Seco, que en su proceso implica eliminación no solo de materia orgánica sino también de Cr^{+3} y Cr^{+6} todo ello en sus efluentes. Dichos efluentes que contienen esta sal de cromo (III) son evacuados hacia una laguna de oxidación que actualmente no se da abasto para el tratamiento de dichos efluentes, por ello son puestos en contacto con el medio ambiente ⁽⁴⁾.

En relación al Cr^{+3} propiamente dicho es considerado un micro elemento que es necesario para desarrollar algunas funciones biológicas de seres vivos, sin embargo, al estar en altas cantidades y que se ponga en contacto con otros efluentes que produzcan la oxidación hacia Cr^{+6} que es su forma más tóxica y por ello representa un peligro potencial para los ecosistemas acuáticos y para el hombre⁽⁴⁾.

En tal sentido, el presente trabajo tiene como finalidad aprovechar un residuo industrial para la recuperación del cromo hexavalente en lechos acuáticos.

La presente investigación pretende responder la siguiente pregunta de investigación; ¿Cuál será la capacidad de adsorción de cromo hexavalente de lechos acuáticos utilizando biomasa de pepa de palta?

En el Perú el cultivo de palta, principal actividad económica a nivel del sur del país con más de dos millones de hectáreas de cultivo, se puede identificar a la pepa de palta (*Persea americana* mill) es un residuo relativamente abundante que puede generar problemas, sin embargo, para el presente trabajo de investigación se busca emplear la pepa de palta para adsorber cromo hexavalente y reaprovechar dicho residuo. Por otro lado, el cromo (VI) es utilizado en la industria de galvanoplastia para el cromado de piezas metálicas y según el Ministerio del Ambiente⁽⁵⁾, se presenta ocasionalmente en sus efluentes. El cromo en el medio ambiente puede acumularse por causas naturales o antropogénicas y puede transferirse al ecosistema: aire, sedimentos, aguas superficiales, aguas subterráneas, suelos y seres vivos. La contaminación por cromo (VI) representa un grave peligro ya que ha sido catalogado en la lista A de elementos cancerígenos. En trabajadores, la inhalación de gases de cromo (VI) ha provocado cáncer del pulmón. De igual manera la ingestión mediante agua potable ha generado un aumento de tumores estomacales. Para la remoción del cromo (y de otros metales pesados) existen tratamientos primarios y secundarios que difiere mucho de ser considerados eficientes, además de poseer rendimientos bajos pueden representar un elevado costo. Se ha desarrollado procesos tecnológicos específicos para la eliminación de los metales pesados de las aguas residuales ⁽⁶⁾, pero su aplicación es altamente costosa y están muy poco generalizados ⁽⁷⁾.

Como antecedentes internacionales consideramos a Calderón Torres et al. 2019, Fito estabilización de cromo hexavalente por acacia melanoxyton; una estrategia para el tratamiento de los suelos contaminados. En esta investigación se evaluó el potencial de Fito medicación de acacia melanoxyton en concentraciones de Cr entre 10 mg/kg y 500 mg/kg. Como resultado se encontró que el Cr se acumuló principalmente en la zona radical de la planta en un rango de 45,81 mg/kg y 1859 mg/kg. Además, se determinaron los factores de concentración para definir su comportamiento en relación con la absorción y translocación de estas sustancias, encontrándose valores mayores a 1 en el factor de bio concentración en la raíz (BCF) y valores menores a 1 en el factor de translocación (TF), para los

tratamientos con concentraciones de cromo entre 10 mg/kg y 100 mg/kg. Este resultado indica que la planta puede ser utilizada para remover esta sustancia del suelo mediante un proceso de fitoestabilización ⁽⁸⁾.

Acosta *et al.* 2017, En su investigación titulada;” Adsorción de cromo (VI) utilizando epicarpio de yuca (*Manihot esculenta*) como biosorbente”, Estudio cinético en el año 2017, utilizó cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) para remover cromo (VI) de disoluciones acuosas simulando efluentes industriales. Se utilizó un esquema de operación por lotes y se realizaron pruebas variando la concentración inicial de cromo (30, 40 y 50 ppm) y la temperatura (25, 30 y 35°C), manteniendo fija la concentración del adsorbente (3,33 g/L), el tiempo de contacto 40 minutos y el pH 2, el cual se ajustó con ácido sulfúrico (H₂SO₄) ⁽⁹⁾.

Gustay G. 2016, comprobaron que los biofiltros son capaces de disminuir cromo hexavalente a trivalente, en zuro de maíz un 96,2% para aguas del Estero Salado los valores de reducción de cromo hexavalente fueron indetectable y en la solución estándar la cascara de arroz de demostró que redujo hasta un 93,1% ⁽¹⁰⁾.

Por otro lado, como antecedentes nacionales consideramos a Chavarry ynguill et al. 2019, Sistema de tratamiento de agua residual con “*Lemna minor*” para la absorción de cromo en la etapa de curtido. La investigación consistió en proponer un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la etapa de curtido en el sistema de tipo Bach, así como determinar el mayor porcentaje de absorción de los sistemas, la capacidad de absorción de las lentejas y comprar los valores del agua, debido a la capacidad de retención de la microfito, los sistemas se hicieron a escala de laboratorio usando 300mL de agua residual como unidad de análisis de un total de 6L de agua de curtido previamente filtrado y precipitado con hidróxido de sodio, cuya cantidad de adsorbente fue (20, 40 y 60 lentejas) y tiempo de contacto (3 y 6 días) las cuales fueron combinadas, obteniéndose un total de 6 experimentos con tres repeticiones cada una, en un sistema Bach a un pH de 7 constantes y una temperatura de 18°C; se logró determinar el sistema de tratamiento con un porcentaje de absorción de cromo más óptimo, que logra

absorber cromo hasta dejar el agua residual dentro de los estándares de calidad (11).

Gonzales Condori et al. 2018, El presente trabajo epicarpio de café cromo hexavalente adsorción de lechos acuosos propone una alternativa de remoción de Cr(VI) en soluciones acuosas utilizando epicarpio de café, para ello, en primer lugar se evaluaron los parámetros de linealidad, precisión y sensibilidad del método analítico para la determinación de Cr(VI) por espectrofotometría visible dando como resultado que el método es lineal con un R^2 de 0.9981, es preciso con un DSR de 0,73% y los límites de detección y cuantificación son 0,0117mg/L y 0,0208 mg/L de Cr (VI) respectivamente (12).

López *et al.* 2015, determinar el nivel de remoción del arsénico, mediante filtros elaborados a base de corteza de palta a distinta granulometría. Se determinó los resultados de arsénico, los cuales variaron durante todo el proceso de la investigación obteniendo un resultado eficiente en la remoción de arsénico con un 98,81% (13).

Los compuestos de cromo son utilizados por diferentes industrias para la fabricación de: Cromo duro industrial, artículos metalizados cromados, aceros inoxidables, sulfato de cromo, pigmento verde, industria ladrillera, curtición de pieles, conservantes de madera, pinturas, textilera, fotografía, y la mala disposición de sus efluentes generan contaminación ambiental destruyendo los ecosistemas (fauna y flora) en las cuales ha tenido contacto. Siendo necesario la minimización de los residuos de cromo concentrados en los efluentes de origen industrial debido a que el cromo es considerado altamente tóxico en su forma de cromo (VI) para la salud humana. Existen, en la actualidad varios tipos de tratamiento para los efluentes de origen industrial como la precipitación, métodos electroquímicos, intercambio iónico, técnicas de precipitación, ósmosis inversa entre otros; pero son de alto costo y generan lodos que también necesitan tratamiento. Se conocen actualmente otros tipos de tratamiento de tecnologías limpias que son de bajo costo y eficientes, estos tratamientos como: carbón activado, ligando naturales, desechos orgánicos, utilizan la biomasa presentando ventajas sobre los otros tratamientos fisicoquímicos (14).

La aplicación de bioadsorción en el tratamiento del efluente de lechos acuáticos industrial en su operación final, la cual contiene baja concentración de cromo para alcanzar la remoción, puede ser utilizada, ya que se vio que disminuye los costos de operación y a la vez, da un valor agregado a la pepa de palta (Persea americana Mill), cuya biomasa puede ser de uso continuo.

Hoy en día la exposición ocupacional a Cromo (III) y Cromo (VI) ha sido estudiada en diversos procesos industriales, pero se encuentran pocos datos en la literatura sobre la exposición no ocupacional o poblacional a este elemento ⁽¹⁴⁾, sin embargo, la prevención de una posible contaminación por parte de empresas dedicadas al curtido de cuero que debería ponerse en práctica haciendo uso de tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente. Existen diversas empresas que podrían poner en riesgo no solo a sus trabajadores si no a la población en general, dichas empresas pueden estar dedicadas a la minería, preservación de madera, soldadura, fabricación de cemento, industria de pinturas, industria del cuero, industria fotográfica, industria galvánica, trabajadores de metales y producción de acero inoxidable ^(15,16). En el mundo existe empresas que se dedican al curtido de pieles, dichas empresas son denominadas curtiembres.

En cuanto a la justificación ,estas actividades vienen siendo desarrolladas desde los años cuarenta y en su proceso presenta varios problemas que pueden producir efectos indeseables con el medio ambiente, uno de ellos consiste en el procesamiento de la piel en la cual se transforma la materia putrescible en imputrescible que se le denomina curtación, que implica la incorporación de un agente curtiente que es el sulfato de cromo (III) o sales de cromo (VI) ^(17,18). En la ciudad de Arequipa existen empresas que se dedican al curtido del cuero en el parque industrial de Río Seco, cuyos residuos son eliminados a lagunas de oxidación que no se dan abasto para el tratamiento de dichos efluentes.

En tal sentido, el presente trabajo tiene como finalidad aprovechar un residuo industrial para la recuperación del cromo hexavalente en lechos acuosos y se planteó como objetivo general de estudio:

Determinar capacidad de adsorción de cromo hexavalente de lechos acuáticos utilizando biomasa de pepa de palta,

2. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Enfoque y diseño de la investigación

1. Tipo de investigación

- Analítico: Busca establecer la relación que existe entre las variables de estudio.
- Prospectivo: La recolección de los datos correspondientes a los hechos serán después de iniciada la investigación.
- Longitudinal: La variable independiente será medida en diferentes momentos.

2. Nivel de Investigación

- Explicativo: Se basa en la explicación de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto.

3. Método de la investigación

- Deductivo: El presente estudio parte del conocimiento de que muchas biomasas dentro de ellas la de palta tiene diversos metabolitos secundarios con grupos funcionales activos, por tanto, por medio de esos grupos funcionales se podrían favorecer la remoción de cromo (VI).

4. Diseño de la investigación

- Experimental: Porque se pretende manipular la variable independiente, bajo condiciones controladas y se utiliza instrumentos tecnológicos para obtener resultados exactos siguiendo todo un proceso del método científico.

2. Población, muestra y muestreo

1. Población

Se recolectaron 3 kilos de biomasa de pepa de palta *Persea americana Mill* del distrito de la Joya (productores de Palta omateña), provincia de Arequipa departamento de Arequipa.

2. Muestra

Se empleo aproximadamente 0,5 kilos de biomasa de pepa de palta *Persea americana Mill* previamente triturada y clasificada en diversos tamaños de partícula usando Tamices estándares con mallas de 75-150 μm , 150-300 μm , 425-600 μm .

3. Muestreo

En este estudio se realizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, la selección de elementos se basó parcialmente en el criterio y conveniencia de las investigadoras.

3. Variables de investigación

Variable Independiente, La variable independiente corresponde a la cantidad de biomasa de la pepa de *Persea americana Mill* (Palta), pH del medio acuoso y tamaño de partícula.

Variable dependiente, Porcentaje de remoción de cromo hexavalente remanente en la solución recuperada del medio acuoso.

4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los resultados de tamizaje fitoquímico y capacidad de adsorción de cromo hexavalente de lechos acuáticos utilizando biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*), fueron plasmados en tablas, figuras e imágenes los cuales son plasmados en la sección de resultados y anexos.

5. Proceso de recolección de datos

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en el Laboratorio Portugal en el área Investigación y Desarrollo en la ciudad de Arequipa. La elaboración del trabajo fue desarrollado entre los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2020.

Las muestras de biomasa de pepa (3 kilos) de palta que fueron recolectadas del distrito de la Joya provincia de Arequipa departamento de Arequipa, estas muestras fueron estabilizadas para su posterior uso. El proceso de estabilización se realizó mediante el lavado de la biomasa con agua destilada y se procedió al secado a una temperatura de $40,0 \pm 0,5$ °C (17,18). A continuación, se procedió a triturar la muestra y clasificar en diversos tamaños de partícula usando Tamices estándares con mallas de 75-150 μm , 150-300 μm , 425-600 μm .

Para la construcción de la calibración se tomó soluciones estándar a concentraciones de 0, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 y 1.0 mg/L. Una vez preparadas se dejó 10 minutos antes de leer en el espectrofotómetro a 540 nm (17,18).

Para el desarrollo de trabajo de campo se solicitó la carta de presentación correspondiente a la Universidad María Auxiliadora, con ella se gestionó el permiso de acceso al director de Laboratorio Portugal, para poder determinar la muestra recolectada de biomasa de palta.

6. Métodos de análisis estadístico

Para el tratamiento estadística descriptivo de los datos obtenidos se utilizó Microsoft Excel y GraphPad Prism.

7. Aspectos éticos

La investigación fue elaborada considerando el código de ética y tuvo como finalidad proponer alternativas para la aplicación adecuada tanto del mapa conceptual como de su influencia en el aprendizaje por competencia en las estudiantes.

Así mismo se tuvo en cuenta de no transgredir las normas éticas establecidas para tal efecto.

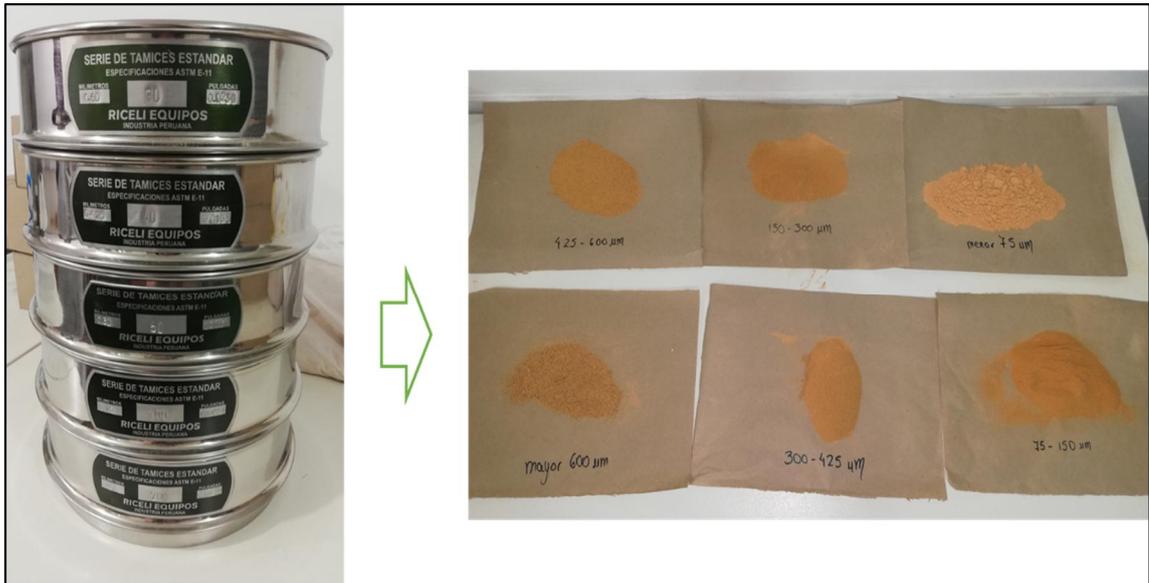
3. RESULTADOS

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar capacidad de adsorción de cromo hexavalente de lechos acuáticos utilizando biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*), en tal sentido, se realizó un diseño factorial 2^2 trabajando con factores como el pH y tamaño de partícula.

1. Tratamiento del adsorbente

Como resultado del tamizaje se obtuvieron tamaños de partícula de 75 a 150 μm , 150 a 300 μm , 300 a 425 μm , 425 a 600 μm , 600 a 850 μm y de 850 μm . para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se trabajó con tamaños de partículas de 75 a 150 μm y 150 a 300 μm .

Figura 1. Pepa de palta (Persea americana Mill) en tamices ASTM (American Society for Testing Materials).



Fuente: Elaboración propia.

2. Gráfico o curva de calibración por espectrofotometría linealidad, precisión y sensibilidad

Para la construcción de la curva de calibración se prepararon concentraciones de 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 y 1.0 mg/L de Cr (VI) y se realizó la lectura por triplicado en el espectrofotómetro a 540 nm.

Tabla 1. Curva de calibración de la determinación espectrofotométrica de cromo hexavalente.

Cr 6+ (mg/L)	ABS 1	ABS 2	ABS 3	\bar{X}	S
0,3	0,213	0,208	0,215	0,212	0,00361
0,4	0,267	0,273	0,267	0,269	0,00346

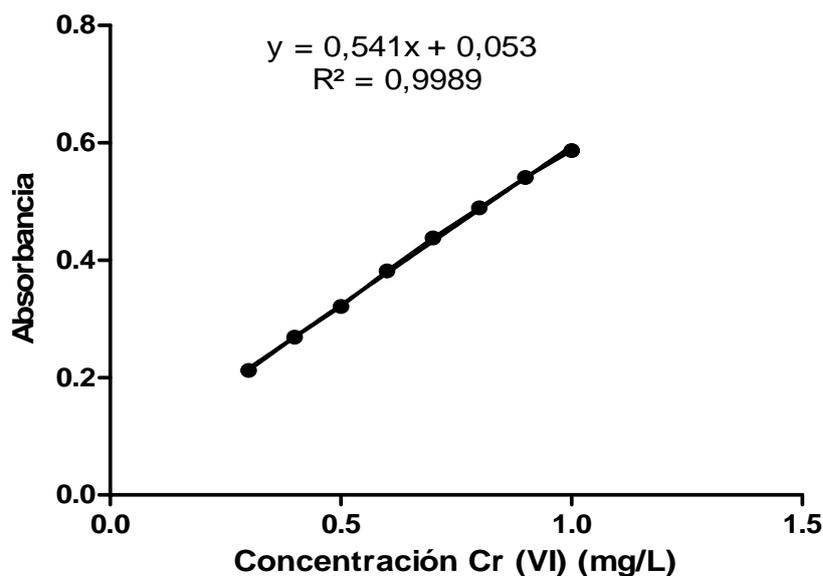
0,5	0,318	0,326	0,318	0,321	0,00462
0,6	0,383	0,386	0,376	0,382	0,00513
0,7	0,443	0,435	0,436	0,438	0,00436
0,8	0,486	0,494	0,486	0,489	0,00462
0,9	0,525	0,576	0,523	0,541	0,03004
1	0,581	0,589	0,590	0,587	0,00493

Fuente: Elaboración propia.

*Donde: Cr (VI) (mg/L) = Concentración de cromo hexavalente (VI); \bar{X} = Promedio de absorbancias y S=Desviación estándar.

En la siguiente figura se muestra el resultado de graficar las concentraciones y las absorbancias promedio del cromo (VI), en dicha figura se observa una tendencia lineal entre la variable x y su respuesta y.

Figura 2. Curva de Calibración entre la concentración de Cromo (VI) y las absorbancias promedio



Fuente: Elaboración propia.

1. Linealidad del método de determinación de Cromo (VI) por espectrofotometría

En la figura de la curva de Calibración entre la concentración de Cromo (VI) y las absorbancias promedio se observa la ecuación de la recta siendo el intercepto “a” de 0.053, la pendiente “b” de 0.541 y el coeficiente de correlación lineal “R²” de 0.9989.

Reemplazando los valores de intercepto y pendiente, la ecuación con la que se calculó la concentración de cromo es:

$$y = 0.541x + 0.053$$

Por otro lado, el coeficiente correlación lineal calculado en Microsoft Excel y GraphPad Prism es de $R^2=0.9989$.

2. Precisión del método de determinación de Cromo (VI) por espectrofotometría

En cuanto a la precisión del método luego de la lectura de las absorbancias de seis muestras por se obtuvo como resultado una

absorbancia promedio de 0.487, una desviación estándar de 0.004 y una desviación estándar relativa (DSR) de 0,768%.

Tabla 2. Ensayo de Reproducibilidad (precisión)

N	absorbancia
1	0,486
2	0,494
3	0,486
4	0,487
5	0,492
\bar{X}	0,487
s	0,004
DSR o CV%	0,768

Donde: \bar{X} = Promedio de absorbancias; **s**=Desviación estándar y **CV%=** Coeficiente de variación o Desviación estándar relativa.

Fuente: Elaboración propia.

3. Sensibilidad del método de determinación de Cromo (VI) por espectrofotometría

Para el cálculo de los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) se calculó el valor de Y_{bl} (intercepto de la ecuación de la recta de concentración versus absorbancia promedio) siendo este 0.0531, por otro lado, el valor de S_{bl} (intercepto de la ecuación de la recta de concentración versus la desviación estándar) es de 0.0033, dicho valor fue extraído de la ecuación de la recta que relaciona la concentración y la

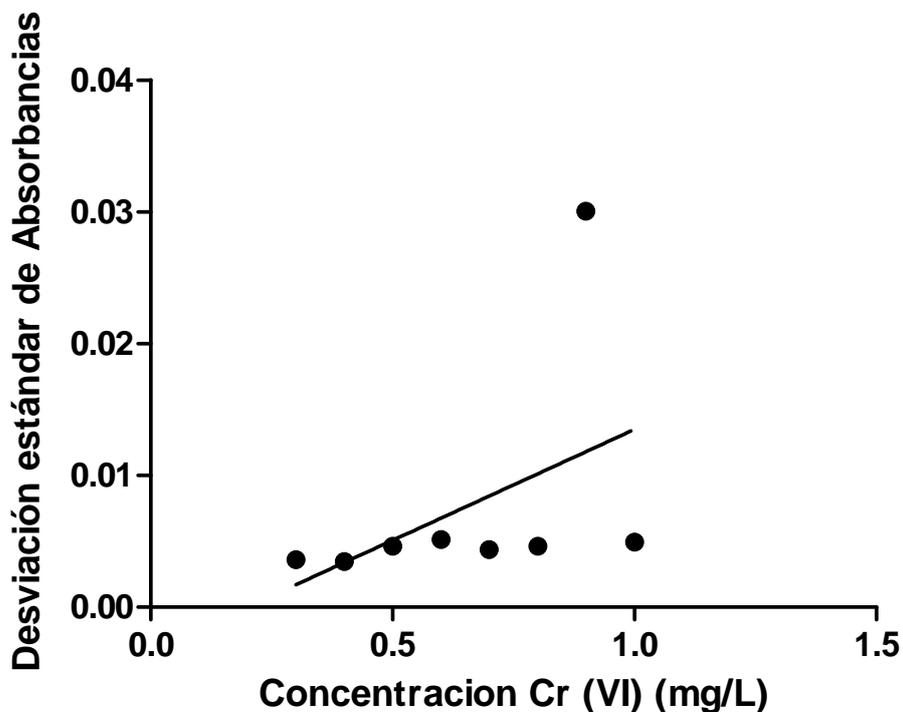
desviación estándar, el valor b es de 0.541 que corresponde a la pendiente de la recta de concentración versus absorbancia promedio, estos datos hallados fueron reemplazados en las siguientes formulas ⁽¹⁹⁾.

$$LD = \frac{Y_{bl} + 3S_{bl}}{b} \times \frac{1}{\sqrt{n}}$$

$$LC = \frac{Y_{bl} + 10S_{bl}}{b} \times \frac{1}{\sqrt{n}}$$

Los resultados del reemplazo indican que la mínima cantidad de Cr (VI) que puede detectar el método o límite de detección es de 0.0412 mg/L y la mínima cantidad de Cromo (VI) que puede cuantificar el método o límite de cuantificación es de 0.0563 mg/L de cromo (VI).

Figura 3. Gráfico de concentración (eje x) y desviación estándar de la absorbancia (eje y).



Fuente: Elaboración propia.

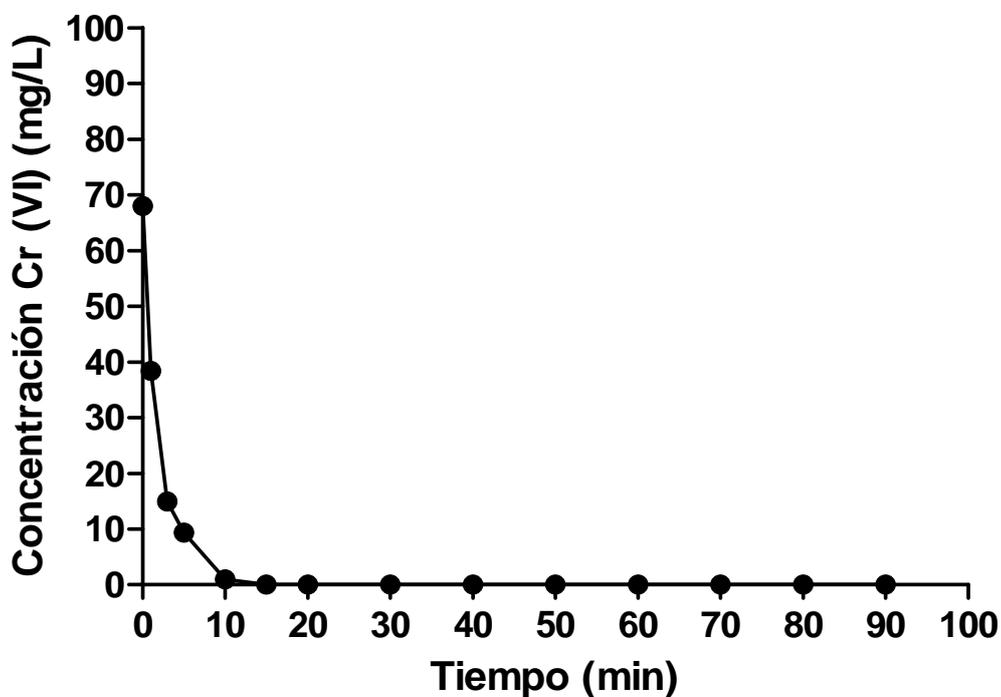
3. Efecto del pH frente al porcentaje de adsorción de cromo (VI)

Después de poner en contacto 2g de adsorbente (*Persea americana Mill*) de tamaño de partícula de 75 a 150 μ m en soluciones de acuosas que contenían 1000 ppm (mg/L) de cromo (VI), se obtuvieron diferentes perfiles de adsorción que varían según el pH de medio.

De manera general se pudo observar que las concentraciones de cromo VI disminuye en función del tiempo cuando el pH es 2 y 4, por otro lado, en relación al porcentaje de adsorción de cromo (VI), se pudo observar un mayor porcentaje de adsorción a pH 2.

En la siguiente figura se muestra el perfil de adsorción de cromo VI en medio acuoso a pH 2.

Figura 4. Adsorción de cromo (VI) a pH=2



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra que a pH 2, la concentración de cromo (VI) disminuye rápidamente a 0 ppm los primeros 10 minutos.

Tabla 3. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	68,010	100,000	0,000
1	38,394	56,453	43,547
3	14,939	21,967	78,033
5	9,353	13,752	86,248
10	0,974	1,431	98,569
15	0,000	0,000	100,000
20	0,000	0,000	100,000
30	0,000	0,000	100,000
40	0,000	0,000	100,000
50	0,000	0,000	100,000
60	0,000	0,000	100,000
70	0,000	0,000	100,000

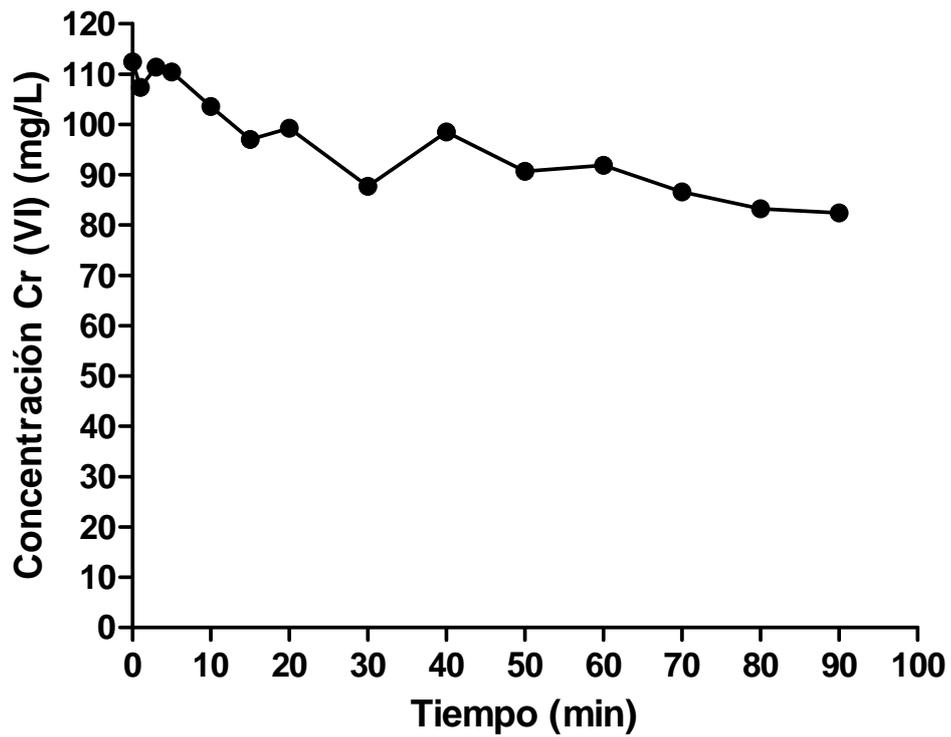
80	0,000	0,000	100,000
90	0,000	0,000	100,000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra que a pH 2, el porcentaje de adsorción de cromo (VI) va desde 43,55% en el minuto 1 hasta un 100,00% en el minuto 90.

A continuación, se muestra el perfil de adsorción de cromo (VI) en medio acuoso a pH 4.

Figura 5. Adsorción de cromo (VI) a pH=4



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra que a pH 4, la concentración de cromo (VI) disminuye solo hasta 82,387 ppm durante todo el ensayo (90 minutos).

Tabla 4. Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 4

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	112,413	100	0
1	107,402	95,542	4,458
3	111,427	99,123	0,877
5	110,400	98,210	1,790
10	103,541	92,107	7,892

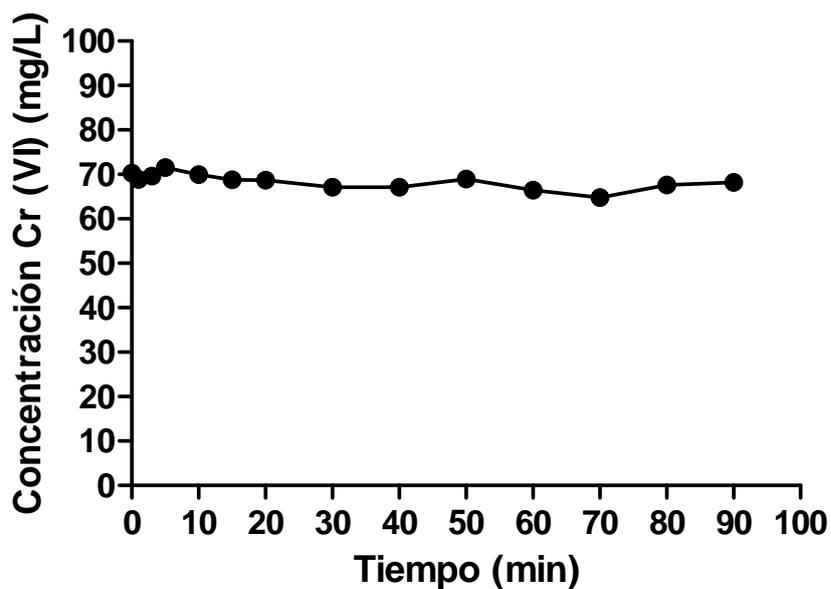
15	97,051	86,334	13,666
20	99,269	88,307	11,693
30	87,685	78,003	21,997
40	98,488	87,613	12,387
50	90,725	80,707	19,293
60	91,875	81,730	18,270
70	86,617	77,053	22,947
80	83,208	74,020	25,980
90	82,387	73,289	26,711

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra que a pH 4, el porcentaje mínimo de adsorción de cromo (VI) es de 4,46% en el minuto 1 y el porcentaje máximo de adsorción es de 26,71% en el minuto 90.

A continuación, se muestra el perfil de adsorción de cromo (VI) en medio acuoso a pH 6.

Figura 6. Adsorción de cromo (VI) a pH 6



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra que a pH 6, la concentración de cromo (VI) disminuye solo hasta 68,174 ppm durante todo el ensayo (90 minutos).

Tabla 5. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 6

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	70,269	100	0,000
1	68,872	98,013	1,987
3	69,653	99,123	0,877
5	71,542	101,812	1,812
10	69,940	99,532	0,468
15	68,790	97,896	2,104
20	68,708	97,779	2,221

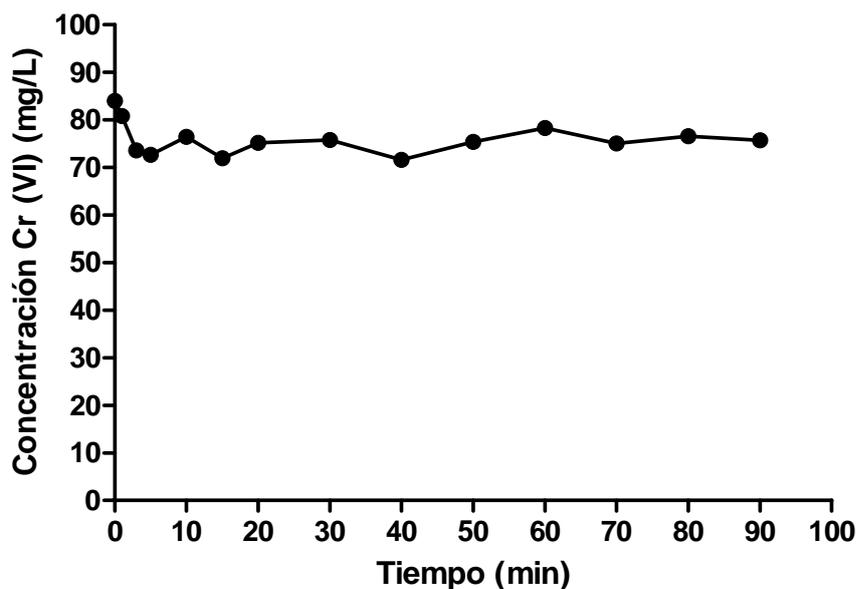
30	67,147	95,557	4,443
40	67,106	95,499	4,501
50	68,996	98,188	1,812
60	66,449	94,564	5,436
70	64,765	92,167	7,833
80	67,640	96,259	3,741
90	68,174	97,019	2,981

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra que a pH 6, el porcentaje máximo de adsorción de cromo (VI) es de 7,833% en el minuto 70.

A continuación, se muestra el perfil de adsorción de cromo (VI) en medio acuoso a pH 8.

Figura 7. Adsorción de cromo (VI) a pH=8



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra que a pH 8, la concentración de cromo (VI) disminuye solo hasta 75,732ppm durante todo el ensayo (90 minutos).

Tabla 6. Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 8

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	83,988	100	0,000
1	80,785	96,185	3,815
3	73,596	87,627	12,373
5	72,651	86,502	13,498
10	76,472	91,050	8,950
15	71,953	85,670	14,330
20	75,157	89,485	10,515

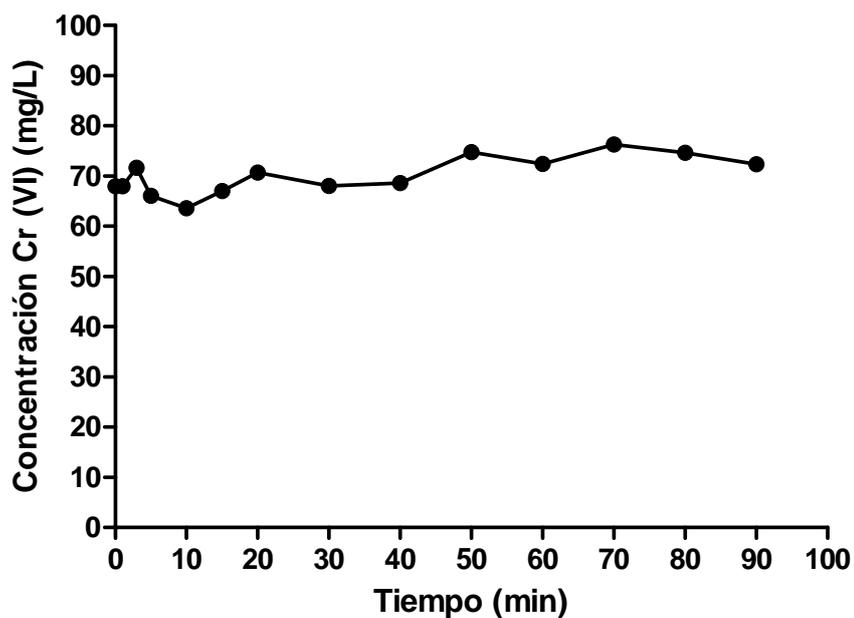
30	75,773	90,219	9,781
40	71,625	85,279	14,721
50	75,362	89,730	10,270
60	78,279	93,202	6,798
70	75,075	89,387	10,613
80	76,595	91,197	8,803
90	75,732	90,170	9,830

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra que a pH 8, el porcentaje máximo de adsorción de cromo (VI) es de 14,721% en el minuto 40.

A continuación, se muestra el perfil de adsorción de cromo (VI) en medio acuoso a pH 10.

Figura 8. Adsorción de cromo (VI) a pH=10



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra que a pH 10, la concentración de cromo (VI) disminuye hasta 72,322ppm durante todo el ensayo (90 minutos).

Tabla 7. Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 10

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	67,969	100	0,000
1	67,969	100,000	0,000
3	71,625	105,379	-5,379
5	66,079	97,220	2,780

10	63,574	93,534	6,466
15	67,024	98,610	1,390
20	70,680	103,989	-3,989
30	68,010	100,060	-0,060
40	68,626	100,967	-0,967
50	74,787	110,032	-10,032
60	72,405	106,527	-6,527
70	76,307	112,268	-12,268
80	74,623	109,790	-9,790
90	72,323	106,406	-6,406

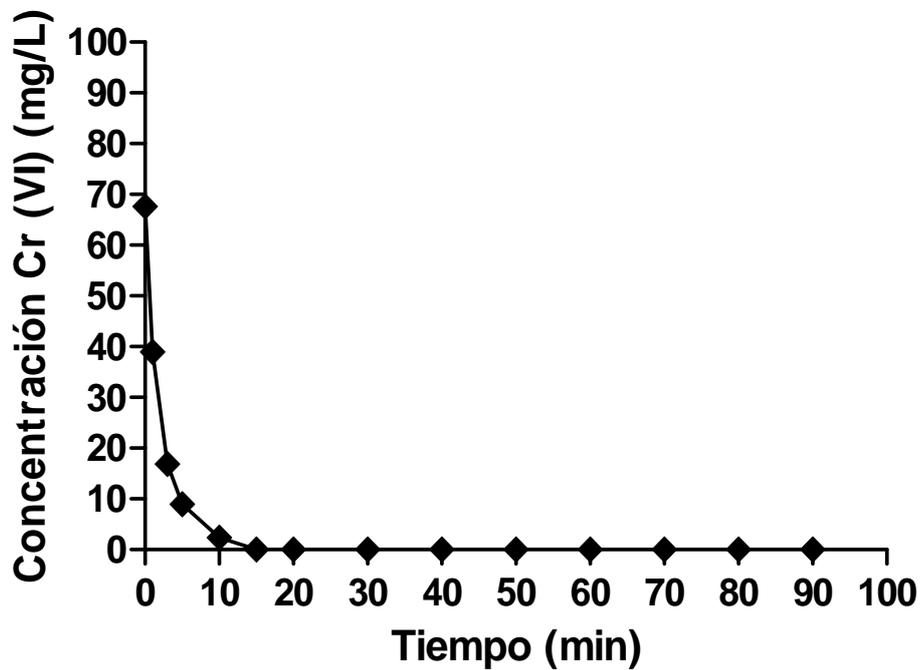
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra que a pH 10, el porcentaje máximo de adsorción de cromo (VI) es de 6,446 % en el minuto 10.

4. Efecto del tamaño de partícula frente al porcentaje de adsorción de cromo (VI)

En los resultados anteriores se pudo observar que el mayor porcentaje de adsorción de cromo (VI) se produjo a pH 2 por esa razón se analizó el efecto del tamaño de partículas de pepa de palta (*Persea americana Mill*) en la adsorción de cromo VI. En tal sentido, a continuación, se muestra los resultados de la capacidad de adsorción de cromo (VI) de 3 rangos de tamaños (75 - 150 μm , 150 - 300 μm y 300 - 425 μm) de partículas de pepa de palta (*Persea americana Mill*).

Figura 9. Adsorción de cromo (VI) a pH=2 con tamaño de partícula de adsorbente de 75-150µm



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se puede mostrar que la concentración de cromo (VI) disminuye en función del tiempo y que con un rango de partículas de 75 - 150 µm, la concentración de cromo (VI) disminuye a cero ppm a los 15 minutos aproximadamente.

Tabla 8. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 75-150µm

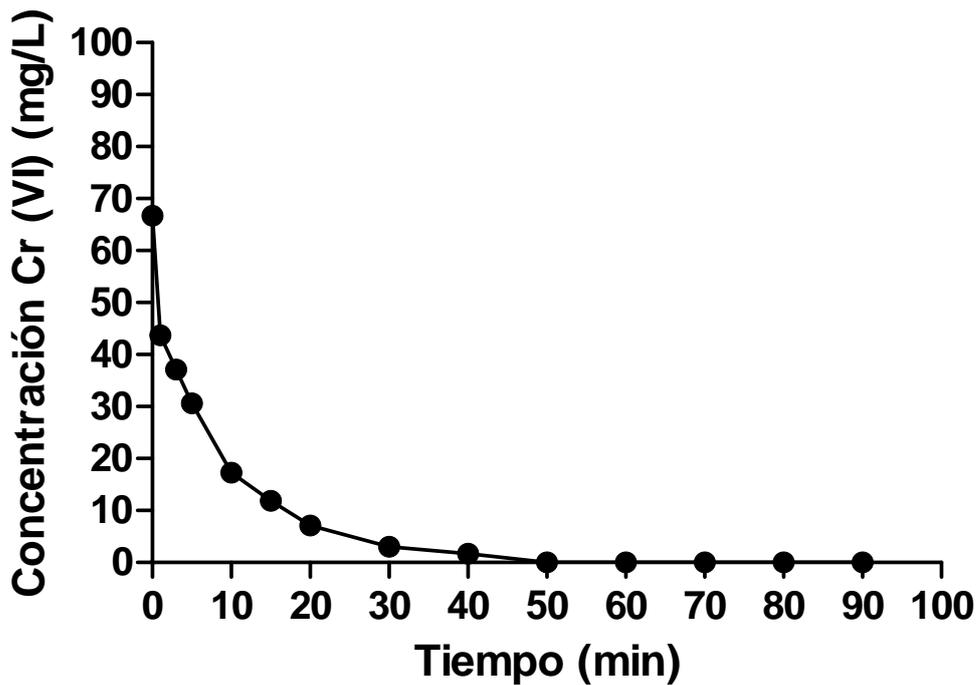
Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	67,599	100,000	0,000
1	38,969	57,647	42,353

3	16,870	24,956	75,044
5	8,942	13,228	86,772
10	2,411	3,567	96,433
15	0,000	0,000	100,000
20	0,000	0,000	100,000
30	0,000	0,000	100,000
40	0,000	0,000	100,000
50	0,000	0,000	100,000
60	0,000	0,000	100,000
70	0,000	0,000	100,000
80	0,000	0,000	100,000
90	0,000	0,000	100,000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede mostrar que con un tamaño de partículas de 75 - 150 μm , se logró remover y adsorber el 100% de cromo (VI) en los primeros 15 minutos.

Figura 10. Adsorción de cromo (VI) a pH=2 con tamaño de partícula de adsorbente de 150-300 μm



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se puede mostrar que la concentración de cromo (VI) disminuye en función del tiempo y que con un rango de partículas de 150 - 300 μm , la concentración de cromo (VI) disminuye a cero ppm a los 50 minutos aproximadamente.

Tabla 9. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 150-300 μm

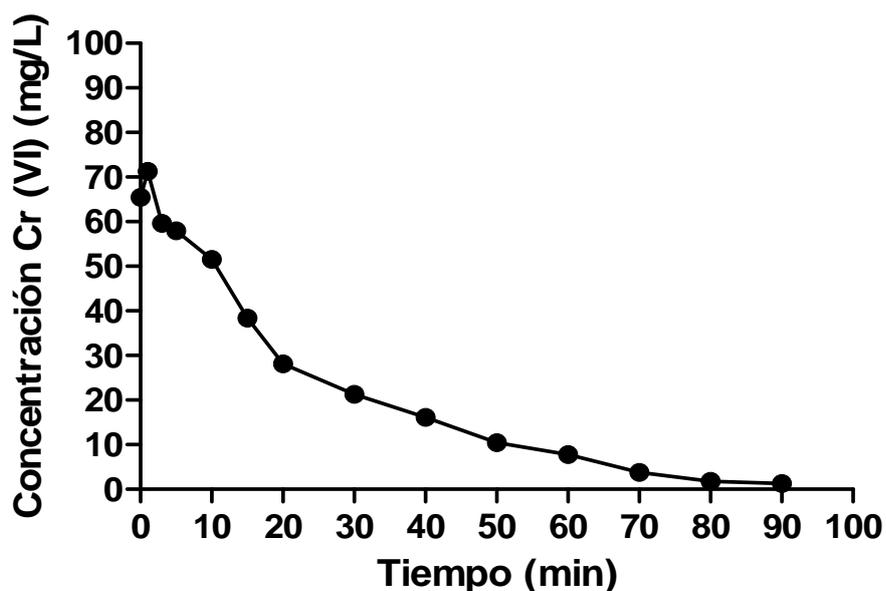
Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	66,736	100,000	0,000
1	43,693	65,471	34,529
3	37,121	55,623	44,377
5	30,589	45,836	54,164

10	17,281	25,894	74,106
15	11,859	17,769	82,231
20	7,094	10,630	89,370
30	3,068	4,598	95,402
40	1,672	2,505	97,495
50	0,000	0,000	100,000
60	0,000	0,000	100,000
70	0,000	0,000	100,000
80	0,000	0,000	100,000
90	0,000	0,000	100,000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede mostrar que con un tamaño de partículas de 150 - 300 μm , se logró remover y adsorber el 100% de cromo (VI) en los primeros 50 minutos.

Figura 11. Adsorción de cromo (VI) a pH=2 con tamaño de partícula de adsorbente de 300-425 μm



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se puede mostrar que la concentración de cromo (VI) disminuye en función del tiempo y que con un rango de partículas de 300 - 425 μm , la concentración de cromo (VI) disminuye casi en su totalidad a los 90 minutos.

Tabla 10. Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 300-425 μm

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	65,422	100,000	0,000
1	71,255	108,916	-8,916
3	59,589	91,084	8,916
5	57,987	88,636	11,364
10	51,579	78,841	21,159

15	38,353	58,624	41,376
20	28,166	43,053	56,947
30	21,306	32,567	67,433
40	16,090	24,593	75,407
50	10,421	15,929	84,071
60	7,751	11,848	88,152
70	3,767	5,758	94,242
80	1,795	2,744	97,256
90	1,302	1,990	98,010

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede mostrar que con un tamaño de partículas de 300 - 425 μm , se logró remover y adsorber el 98,010% de cromo (VI) en los 90 minutos.

5. Evaluación de la cinética de adsorción

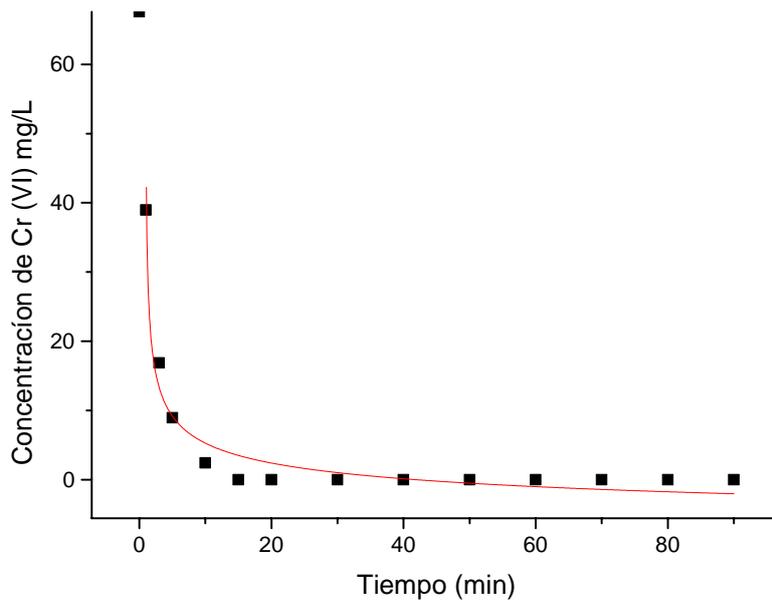
Para realizar la evaluación de la cinética de adsorción, se consideraron los datos del ensayo que mejor perfil de remoción de cromo (VI) presentó, en este caso, se trabajó con los datos del diseño a pH2, tiempo 0 – 90 minutos y tamaño de partícula de adsorbente de 75-150 μm . El resultado del análisis de los datos con el programa OriginPro 9.0, muestran que el modelo matemático que describe mejor el perfil de adsorción de cromo (VI) en función del tiempo es de primer orden planteado por Bradley cuyas características numéricas se muestran a continuación.

Tabla 11. Características de la ecuación que describe la cinética de adsorción de cromo (VI)

Modelo matemático	Bradley
Ecuación	$y = a \cdot \ln(-b \cdot \ln(x))$
Ecuación	$y = -10,91036 \cdot \ln(0,26768 \cdot \ln(x))$
Reduced Chi-Sqr	5,02198
R-Square	0,81828

		Valor	Error estándar
Cromo (VI) adsorbido	a	-10,91036	1,5348
	b	-0,26768	0,01783

Figura 12. Ajuste del modelo matemático Bradley al perfil de adsorción de Cromo (VI)



En la figura anterior, se muestra que el modelo matemático de primer orden descrito por Bradley se ajusta mejor para describir el perfil de adsorción de cromo (VI) en función del tiempo.

6. DISCUSION

4.1. Discusión de resultados

El agua es considerada un importante bien y escaso en muchos países de todo el mundo. El nivel elevado de metales como, por ejemplo, cadmio, cromo y mercurio en las corrientes de agua, es una importante preocupación ambiental y para la salud pública, ya que la presencia de estos metales considerados tóxicos reduce significativamente la calidad del agua, además de causar los efectos adversos sobre los humanos y animales acuáticos ⁽²⁰⁾.

Existen diferentes fuentes de contaminación por estos metales dentro de los cuales se resalta la fuente u origen antropogénica que asociado al continuo crecimiento de la población mundial y con ella el incremento de industrias, a fin de satisfacer las necesidades humanas, generan residuos y utilizan recursos en detrimento de la calidad medioambiental. Dentro de estos metales contaminantes se encuentra el Cromo (VI) el cual es considerado carcinógeno del grupo I por la International Agency for Research on Cancer (IARC), a diferencia del cromo (VI), el Cromo (III) no ha sido comprobado como carcinogénico ⁽²¹⁾.

En relación a la toxicodinámica del cromo, se menciona que las manifestaciones tóxicas son generalmente atribuidas a los derivados de cromo (VI). Entre otras, la acción tóxica se produce por: acción cáustica directa, sensibilización cutánea, citotoxicidad e inflamación de neumocitos,

interacción con biomoléculas, el cromo (VI) induce alteración de cromátidas hermanas, aberraciones Cromosómicas y reacciones cruzadas en la cadena de ADN ⁽²¹⁻²³⁾.

Bajo este panorama y con la necesidad de proteger y preservar el medio ambiente, se han desarrollado numerosas metodologías de tratamiento de las aguas residuales, para que los contaminantes no lleguen a los cursos hídricos. En la actualidad, se desarrollan diversas biotecnologías de remediación de aguas entre ellas se puede mencionar la utilización de biomasa cuya función principal es la adsorción y remoción de contaminantes de lechos acuáticos.

A continuación, se muestra y discute los resultados de la determinación de la capacidad de adsorción de cromo (VI) de la biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*), en condiciones controladas de laboratorio, por lo que, antes de realizar los ensayos de cuantificación de cromo (VI), se procedió con la validación del método espectrofotométrico, en donde para comprobar si el método es lineal para estudiar la relación entre la absorbancia y la concentración se determinó la ecuación de la recta y se calcularon los parámetros de la pendiente, el intercepto y el coeficiente de correlación lineal (r^2) de $r^2 = 0,9989$. Estudios de validación de métodos indican que los criterios de aceptación de los valores de coeficiente de determinación (coeficiente de correlación lineal) debe ser mayor de 0.95 ⁽²⁴⁾. y/o mayor de 0.98 ^(25,26), por tanto, se puede mencionar que el método espectrofotométrico para la cuantificación de cromo (VI) es lineal evidenciándose una correlación directamente proporcional entre la absorbancia y la concentración.

En relación a los resultados sobre la precisión del método, los resultados muestran que absorbancia promedio es de 0.487, la desviación estándar es de 0.004 y la desviación estándar relativa (DSR) o Coeficiente de variación (CV%) es de 0,768%. Considerando que la precisión es la dispersión de las mediciones en función del promedio y se determina por el cálculo de la desviación estándar relativa (DSR), la USP (Unites States Pharmacopeia) indica que para considerar que un método analítico es preciso, la DSR

(desviación estándar relativa) del sistema no debe ser más de 2% ^(27,28). Por lo tanto, se puede mencionar que el método espectrofotométrico para la cuantificación de cromo (VI) es preciso. Finalmente, el método es sensible con un límite de detección de 0.0412 mg/L y un límite de cuantificación de 0.0563 mg/L de cromo (VI).

En relación a los resultados de la evaluación del efecto de pH 2, 4, 6, 8 y 10 en el proceso de adsorción de Cromo (VI) en lechos acuáticos utilizando biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*), los resultados muestran que las variaciones de pH de medios acuáticos, afecta el proceso de adsorción de cromo (VI) observándose que mientras más ácido es el pH del medio, mayor es el porcentaje de adsorción de cromo (VI), en nuestros resultados se observa que a pH 2 el 100% de cromo es adsorbido en los primeros 15 minutos.

Algunos trabajos de investigación que estudiaron el desempeño de diferentes biomásas (cáscara de yuca, aserrín, cacao, cascara de arroz, entre otros) como adsorbentes de cromo (VI) en medio acuoso; determinaron que el proceso presenta mayor remoción a pH ácidos, además se menciona que existe una gran posibilidad de que la adsorción sea del tipo química. ^(29,30).

Por otro lado, nuestros resultados se ven reforzados porque como es típico, el poder oxidante del Cromo (VI) está en función del pH y a medida que este se hace más bajo, el Cromo (VI) tiende a ser más oxidante (mayor reactividad) y es menos reactivo a pH más alto ^(31,32).

En relación a los resultados del efecto del tamaño de partículas de biomasa de pepa de palta en el proceso de adsorción de Cromo (VI) en lechos acuáticos, se pudo determinar que las variaciones de tamaño de partícula de biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*) afecta el proceso de adsorción de cromo (VI) observándose que mientras más pequeño sea el tamaño de partícula, mayor es el porcentaje de adsorción de cromo (VI) tal es así que tamaños de partículas de 75 – 150 μm adsorbe el 100% de cromo (VI) en los primeros 15 minutos. Dichos resultados guardan relación con otros trabajos de investigación en donde se menciona que la adsorción de

cromo (VI) se ve favorecido cuando la biomasa presenta menor tamaño de partícula, esto sería gracias a que existe una mayor superficie de en la biomasa para que pueda adsorber o remover el cromo (33,34).

Por otro lado, otros trabajos de investigación mencionan que, en los materiales de mayor tamaño de partícula existe una menor área superficial y menor número de grupos funcionales expuestos, por el contrario, al reducir el tamaño de partícula del material, se incrementa tanto el área superficial del material como el número de grupos funcionales expuestos en su superficie, lo que podría mejorar el desempeño de la biomasa de palta (*Persea americana Mill*) en la adsorción del Cromo VI (33,35,36).

4.2. Conclusiones

Primero: El método analítico para determinar cromo (VI) por espectrofotometría visible es lineal como un valor $R^2 = 0,9989$, es preciso con una absorbancia promedio de 0.487, una desviación estándar de 0.004 y una desviación estándar relativa (DSR) de 0,768%, finalmente el método es sensible con un límite de detección de 0.0412 mg/L y un límite de cuantificación de 0.0563 mg/L de cromo VI.

Segundo: Las variaciones de pH de medios acuáticos, afecta el proceso de adsorción de cromo (VI) observándose que mientras más ácido es el pH del medio, mayor es el porcentaje de adsorción de cromo (VI) observándose así que a pH 2 el 100% de cromo es removido en los primeros 15 minutos.

Tercero: Las variaciones de tamaño de partícula de biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*) afecta el proceso de adsorción de cromo (VI) observándose que mientras más pequeño sea el tamaño de partícula, mayor es el porcentaje de adsorción de cromo (VI). Tamaños de partículas de 75 – 150 μm adsorbe el 100% de cromo en los primeros 15 minutos.

Cuarto: La cinética de adsorción de cromo (VI) a pH =2 y tamaño de partícula de 75-150 μm es de orden 1 planteado por el modelo de Bradley.

4.3. Recomendaciones

1. Realizar ensayos analíticos a escala de laboratorio utilizando como muestra efluentes de curtiembre.
2. Implementar alguna metodología que permita la recuperación de cromo adsorbido por la biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*).
3. Utilizar biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*) para realizar ensayos de adsorción de otros metales contaminantes como cadmio, plomo, arsénico, etc.
4. Analizar la composición química de la biomasa de pepa de palta (*Persea americana Mill*) para poder interpretar los procesos de adsorción con mayor detalle.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Feet IC of TL production-T 30 countries – million square. No Title. 2014;
2. Miller S, Gagnet A, Worden R. No Title. Inf para el Minist Ind Tur Integr y Comer Int MITINCI Rep Técnico para la Ind Curtiembres en el Perú. 2016;
3. Trimestral nstituto N de E e IPIE. No Title. 2011;
4. Reyes C, Lobo M, Feer S. Informe Aspectos Ambientales, Legales y Socioeconómicos Curtiembres. Ministerio de Industria y Turismo. Presidencia de la Nación; Secretaria de Industria y Turismo. Unidad medio Ambient. 2009;
5. Sánchez J, Lujano E. Desarrollo de un Proceso para la Remoción y Recuperación de Iones Cr (III) en Efluentes de Tenerias. Present en XXVII Congr Interam Eng Sanitária e Ambient. 2000;
6. Costa M, Klein C. Toxicity and Carcinogenicity of Chromium Compounds in Humans. Crit Rev Toxicol. Crit Rev Toxicol. 2006;36:155–63.
7. Kimbrough D, Cohen Y, Winer A, Creelman L, Mabuni C. A Critical

- Assessment of Chromium in the Environment. *Crit Rev Env Sci Technol*. 2009;29:1–46.
8. Calderón Torres D. Fitoestabilización de cromo hexavalente por acacia melanoxylon; una estrategia para el tratamiento de suelos contaminados. UTADEO. 2019;
 9. Acosta H, Barraza Y, Albis A. Adsorción de cromo (VI) utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) como biosorbente: Estudio cinético. *Rev Científica Ing y Desarro*. 2017;35:59–76.
 10. Guastay L, Tinoco E. Evaluación de la bioreducción del cromo hexavalente (VI) en aguas de estero salado con filtros de zuro de maíz (*Zea mays*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*). Univ Guayaquil. 2016;
 11. Chavarry M, Valderrama I. Sistema de tratamiento de agua residual con “*Lemna minor*” para la absorción de Cromo. Univ Cesar Vallejo, Trujillo. 2014;
 12. Apaza J, Toribio I. Alternativa de remoción de cromo hexavalente de soluciones acuosas usando epicarpio de café. Univ Priv Auton del Sur. 2019;
 13. Carhuaz C, Shala Z. Eficiencia de remoción del arsénico con filtro de corteza de palta a diferentes granulometrías de las aguas del rio Mollebamba-Apurimac. Univ César Vallejo. 2019;
 14. Cuberos E, Alba I, Prieto E. Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. *Rev salud pública*. 2009;11:278–89.
 15. Téllez J, Carvajal R, Gaitán A. Aspectos Toxicológicos Relacionados con la Utilización del Cromo en el proceso Productivo de Curtiembres. *Rev Fac Med Univ Nac Colomb*. 2004;52:50–61.
 16. Klaassen C. Casarett and Doull's Toxicology. Basic Sci Poisons Sexta ed New York McGraw-Hill. 2011;
 17. Rodríguez C, Pérez J, Rodriguez M. Removal And Retrieval Of Chromium

- (lii) From Aqueous Solutions By Sorghum Biomass. *Rev Mex Ing Química*. 2002;1:97–103.
18. Araujo C, Quispe T. Evaluación del proceso de adsorción de Cr (VI) en raspo de uva en medios acuosos. Tesis de Título profesional. Univ Priv Autónoma del Sur. 2019;
 19. Díaz Polanco I, Fariñas Suárez O. Validación del método analítico para la determinación de 3 vitaminas hidrosolubles en un suplemento vitamínico. *Rev Cuba Farm [Internet]*. 2016 [cited 2021 Feb 6];34(2). Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152000000200002
 20. Medina García L, Ferreira FP, Guillermo H, Oyamada K, Ro-Dríguez Bonet S, Galeano EF, et al. Phytoremediation of chrome in tannery effluents using *Eichhornia crassipes*. *Reportes científicos la FACEN [Internet]*. 2019 [cited 2021 Mar 5];10(1):25–36. Available from: <http://scielo.iics.una.py/pdf/rcfacen/v10n1/2222-145X-rcfacen-10-01-25.pdf>
 21. Cuberos E, Rodriguez AI, Prieto E. Chromium levels and their relationship with alterations in the health of tannery workers living and working in Bogotá, Colombia. *Rev Salud Publica [Internet]*. 2009 [cited 2021 Mar 5];11(2):278–89. Available from: <https://scielosp.org/article/rsap/2009.v11n2/278-289/>
 22. University of Massachusetts Lowell. Hexavalent Chromium: Summary of Health and Environmental Effects. *Toxics Use Reduct Inst is a Res Educ policy Cent Establ by Massachusetts Toxics [Internet]*. 2015 [cited 2021 Mar 5]; Available from: <https://www.turi.org/content/download/8867/159153/file/Fact+Sheet+Hexavalent+Chromium+2013.pdf>
 23. EPA ORD NCEA Integrated Risk Information System. *Toxicological Review of Trivalent Chromium [Internet]*. [cited 2021 Mar 5]. Available from: <http://www.epa.gov/iris>.
 24. Suarez R, Arévalo E, Linares L, Ustáriz F, Hernández G. Validación de un método analítico para la determinación de magnesio eritrocitario. *Av en*

- Quim [Internet]. 2016 [cited 2021 Mar 5];4(2):53–62. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/933/93313204001.pdf>
25. Hernández Falcón D, Fernández García A, Ledea Lozano EO. Validación de un método analítico de determinación de dopamina por cromatografía líquida de alta resolución Validation of analytical method for dopamine determination by high-performance liquid chromatography. Rev Cuba Farm [Internet]. 2014 [cited 2021 Mar 5];48(2):371–81. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubfar/rcf-2014/rcf143d.pdf>
 26. Rodríguez Hernández Y, Pérez Navarro M, Suárez Pére Y. Validation of the quality control method for sodium dicloxacillin in Diclofenac capsules . Rev Cuba Farm [Internet]. 2014 [cited 2021 Mar 5];48(2):382–95. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v48n3/far05314.pdf>
 27. Morales-Trejo F, Vega y León S, Escobar-Medinall A, Urbán-Carrillo G, Gutiérrez-Tolentino R. Desarrollo y validación de un método de cromatografía líquida de alta resolución para la determinación y cuantificación de clenbuterol en hígado de bovino. Rev Salud Anim [Internet]. 2013 [cited 2021 Mar 5];35(1):38–44. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/ras/v35n1/ras06113.pdf>
 28. Martínez Álvarez LO, Alejo Cisneros P, García Pereira R, Campos Valdez D. Validación del método analítico para tabletas de dicloroisocianurato de sodio para desinfección de agua potable Validation of the analytical method for sodium dichloroisocyanurate aimed at drinking water disinfection. Rev Cuba Farm [Internet]. 2014 [cited 2021 Mar 5];48(2):191–8. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubfar/rcf-2014/rcf142d.pdf>
 29. Albis AR, Cajar R L V., Domínguez MI. Análisis cinético de la adsorción de Cr (VI) en soluciones acuosas a concentraciones de 10-20 mg/L con el uso de cáscara de yuca amarga (Manihot esculenta). Prospectiva [Internet]. 2015 Dec 2 [cited 2021 Mar 5];13(2):64. Available from: <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/488>
 30. Acosta Arguello HA, Barraza Yance CA, Albis Arrieta AR. Adsorción de cromo (VI) utilizando cáscara de yuca (Manihot esculenta) como

- biosorbente: Estudio cinético. Ing y Desarro Univ del Norte [Internet]. 2017 [cited 2021 Mar 5];35(1):58–76. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v35n1/2145-9371-inde-35-01-00058.pdf>
31. Bhattacharya AK, Naiya TK, Mandal SN, Das SK. Adsorption, kinetics and equilibrium studies on removal of Cr(VI) from aqueous solutions using different low-cost adsorbents. Chem Eng J [Internet]. 2008 Apr 15 [cited 2021 Mar 5];137(3):529–41. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894707003543>
 32. Díaz C, Jacinto C, Medina R, Navarro A, Cuizano N, Llanos B. ESTUDIO DE LA BIOSORCIÓN DE CROMO (VI) CON QUITOSANO CUATERNARIO RETICULADO PARA SU APLICACIÓN EN BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS 1 2 3 STUDY OF THE BIOSORPTION OF CHROMIUM (VI) ON CROSSLINKED-QUATERNARY CHITOSAN FOR THEIR APPLICATION ON THE BIOREMEDIATION OF WASTER WATERS. Rev Soc Quím Perú [Internet]. 2013 [cited 2021 Mar 5];79(4):13–24. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n4/a03v79n4.pdf>
 33. Barrera Alfaro JP, Esquivel Ortiz H. BIOSORCIÓN DE CROMO VI EN SOLUCIONES ACUOSAS CON CASCARILLA DE CACAO MODIFICADA CON ÁCIDO CÍTRICO BIOSORTION OF CHROME VI IN AQUEOUS SOLUTION WITH COCOA HUSK MODIFIED WITH CITRIC ACID [Internet]. Bogotá; 2018 [cited 2021 Mar 5]. Available from: [https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4275/Documento tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4275/Documento%20tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
 34. Carrillo Pedroza FR, Soria Aguilar M de J, Sánchez Castillo MA, Martínez Luévanos A, Picazo Rodríguez NG. Adsorption of chromium from steel plating wastewater using blast furnace dust. Rev Int Contam Ambient [Internet]. 2017 [cited 2021 Mar 5];33(4):591–603. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-49992017000400591&lng=es&nrm=iso
 35. Sánchez K, Colina G, Pire M, Díaz A, Carrasquero S. Capacidad de adsorción del carbón activado sobre cromo total proveniente de los

- desechos de tenerías. Rev Técnica la Fac Ing Univ del Zulia [Internet]. 2016 [cited 2021 Mar 5];36(1). Available from: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702013000100007
36. Cabrera Andrade L fernando. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL [Internet]. Cuenca; 2017 [cited 2021 Mar 5]. Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14460/1/UPS-CT007124.pdf>
37. Boeykens SP, Redondo N, Obeso RA, Caracciolo N, Vázquez C. Chromium and Lead adsorption by avocado seed biomass study through the use of Total Reflection X-Ray Fluorescence analysis. Appl Radiat Isot [Internet]. 2019 Nov 1 [cited 2021 Mar 24];153:108809. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969804319300260>
38. Avhad MR, Marchetti JM. Temperature and pretreatment effects on the drying of Hass avocado seeds. Biomass and Bioenergy [Internet]. 2015 Dec 1 [cited 2021 Mar 24];83:467–73. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953415301392>

ANEXOS

ANEXO 1. OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE

VARIABLE	SEGÚN SU INFLUENCIA	INDICADORES	Escala
Biomasa de epicardio de la pepa de <i>Persea americana Mill</i> (Palta)	Variable independiente	Tamaño de partícula	Cuantitativa
Porcentaje de remoción de cromo hexavalente	Variable dependiente	Capacidad de adsorción	Cuantitativa

ANEXO 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

1.

TITULO	PLANTEAMIENTO DEL HIPÓTESIS		OBJETIVO	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	VALOR
	PROBLEMA GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE		GENERAL	
ADSORCIÓN DE CROMO HEXAVALENTE DE LECHOS ACUÁTICOS UTILIZANDO BIOMASA DE PEPA DE <i>Persea americana</i> Mill (PALTA), AREQUIPA 2020	¿Cuál será la capacidad de adsorción de hexavalente de lechos acuáticos biomasa de pepa de palta?		Dado a que existen antecedentes del uso de lechos industriales como adsorbentes de metales, es posible que la pepa de palta posea la capacidad de remoción de Cr (VI) en soluciones acuosas, por lo cual resultaría conveniente optimizar los parámetros (pH y tamaño de partícula) usando un diseño factorial.	Determinar capacidad de adsorción de cromo hexavalente de lechos acuáticos utilizando biomasa de palta	Tamaño de partícula	de Tamaño de tamiz μm	75-150 μm 150-300 μm 425 a 600 μm
	¿Cuáles serán los parámetros de linealidad, precisión y sensibilidad del método analítico para la determinación de Cr ⁺⁶ del visible?		Será probable calcular parámetros de linealidad, precisión y sensibilidad del método analítico para la determinación de Cr ⁺⁶ del visible.	Calcular parámetros de linealidad, precisión y sensibilidad del método analítico para la determinación de Cr ⁺⁶ por espectrofotometría del visible.	Cambios de pH	pH	[H ⁺] [OH ⁻]
	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES ESPECIFICO	VALOR
	¿Cuáles serán los parámetros de linealidad, precisión y sensibilidad del método analítico para la determinación de Cr ⁺⁶ del visible?	Será probable calcular parámetros de linealidad, precisión y sensibilidad del método analítico para la determinación de Cr ⁺⁶ del visible.	Calcular parámetros de linealidad, precisión y sensibilidad del método analítico para la determinación de Cr ⁺⁶ por espectrofotometría del visible.	Cromo hexavalente	Concentración de cromo hexavalente en agua	de mg/L	50 mg/L

¿Cuál será el efecto de Será probable Determinar el efecto
pH 2, 4, 6, 8 y 10 en el determinar el efecto de de pH 2, 4, 6, 8 y 10
proceso de adsorción de pH 2, 4, 6, 8 y 10 en el proceso de
Cr⁺⁶ en lechos acuáticos proceso de adsorción de adsorción de Cr⁺⁶ en
utilizando biomasa de Cr⁺⁶ en lechos acuáticos lechos acuáticos
pepa de palta? utilizando biomasa de utilizando biomasa de
pepa de palta pepa de palta

¿Cuál será el efecto del Será probable Determinar el efecto
tamaño de partícula de determinar el efecto del del tamaño de
biomasa de pepa de tamaño de partícula de partícula de biomasa
palta en el proceso de biomasa de pepa de de pepa de palta en
adsorción de Cr⁺⁶ en palta en el proceso de el proceso de
lechos acuáticos? adsorción de Cr⁺⁶ en adsorción de Cr⁺⁶ en
lechos acuáticos lechos acuáticos

¿Cuál será la cinética de Será probable Determinar la cinética
adsorción y la cantidad de determinar la cinética de de adsorción y la
de Cr (VI) adsorbida en adsorción y la cantidad cantidad de Cr (VI)
el equilibrio por gramo de Cr (VI) adsorbida en adsorbida en el
de pepa de palta usando el equilibrio por gramo equilibrio por gramo
modelos matemáticos? de pepa de palta usando de pepa de palta
modelos matemáticos. usando modelos
matemáticos.

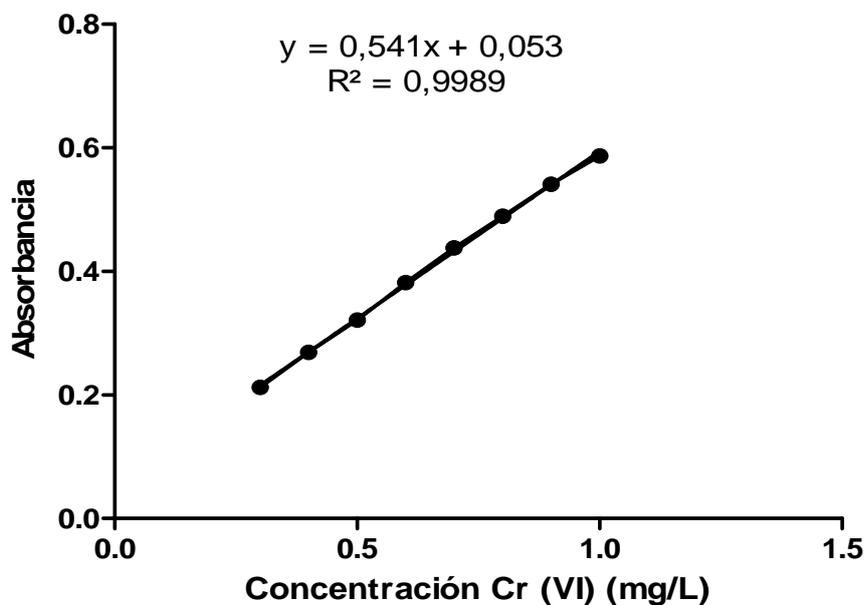
Fuente: Elaboración propia

ANEXO C: INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Curva de calibración de la determinación espectrofotométrica de cromo hexavalente.

Cr 6+ (mg/L)	ABS 1	ABS 2	ABS 3	\bar{x}	S
0,3	0,213	0,208	0,215	0,212	0,00361
0,4	0,267	0,273	0,267	0,269	0,00346
0,5	0,318	0,326	0,318	0,321	0,00462
0,6	0,383	0,386	0,376	0,382	0,00513
0,7	0,443	0,435	0,436	0,438	0,00436
0,8	0,486	0,494	0,486	0,489	0,00462
0,9	0,525	0,576	0,523	0,541	0,03004
1	0,581	0,589	0,590	0,587	0,00493

Curva de Calibración entre la concentración de Cromo (VI) y las absorbancias promedio



Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 2

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	68,010	100,000	0,000
1	38,394	56,453	43,547
3	14,939	21,967	78,033
5	9,353	13,752	86,248
10	0,974	1,431	98,569
15	0,000	0,000	100,000
20	0,000	0,000	100,000
30	0,000	0,000	100,000
40	0,000	0,000	100,000
50	0,000	0,000	100,000
60	0,000	0,000	100,000
70	0,000	0,000	100,000
80	0,000	0,000	100,000
90	0,000	0,000	100,000

Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 4

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	112,413	100	0
1	107,402	95,542	4,458
3	111,427	99,123	0,877

5	110,400	98,210	1,790
10	103,541	92,107	7,892
15	97,051	86,334	13,666
20	99,269	88,307	11,693
30	87,685	78,003	21,997
40	98,488	87,613	12,387
50	90,725	80,707	19,293
60	91,875	81,730	18,270
70	86,617	77,053	22,947
80	83,208	74,020	25,980
90	82,387	73,289	26,711

Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 6

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	70,269	100	0,000
1	68,872	98,013	1,987
3	69,653	99,123	0,877
5	71,542	101,812	1,812
10	69,940	99,532	0,468
15	68,790	97,896	2,104
20	68,708	97,779	2,221
30	67,147	95,557	4,443
40	67,106	95,499	4,501

50	68,996	98,188	1,812
60	66,449	94,564	5,436
70	64,765	92,167	7,833
80	67,640	96,259	3,741
90	68,174	97,019	2,981

Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 8

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	83,988	100	0,000
1	80,785	96,185	3,815
3	73,596	87,627	12,373
5	72,651	86,502	13,498
10	76,472	91,050	8,950
15	71,953	85,670	14,330
20	75,157	89,485	10,515
30	75,773	90,219	9,781
40	71,625	85,279	14,721
50	75,362	89,730	10,270
60	78,279	93,202	6,798
70	75,075	89,387	10,613
80	76,595	91,197	8,803
90	75,732	90,170	9,830

Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 10

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	67,969	100	0,000
1	67,969	100,000	0,000
3	71,625	105,379	-5,379
5	66,079	97,220	2,780
10	63,574	93,534	6,466
15	67,024	98,610	1,390
20	70,680	103,989	-3,989
30	68,010	100,060	-0,060
40	68,626	100,967	-0,967
50	74,787	110,032	-10,032
60	72,405	106,527	-6,527
70	76,307	112,268	-12,268
80	74,623	109,790	-9,790
90	72,323	106,406	-6,406

Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 75-150µm

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
--------------	----------------	--------------------------	----------------

0	67,599	100,000	0,000
1	38,969	57,647	42,353
3	16,870	24,956	75,044
5	8,942	13,228	86,772
10	2,411	3,567	96,433
15	0,000	0,000	100,000
20	0,000	0,000	100,000
30	0,000	0,000	100,000
40	0,000	0,000	100,000
50	0,000	0,000	100,000
60	0,000	0,000	100,000
70	0,000	0,000	100,000
80	0,000	0,000	100,000
90	0,000	0,000	100,000

Porcentaje de adsorción de cromo VI en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 150-300µm

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	66,736	100,000	0,000
1	43,693	65,471	34,529
3	37,121	55,623	44,377
5	30,589	45,836	54,164
10	17,281	25,894	74,106

15	11,859	17,769	82,231
20	7,094	10,630	89,370
30	3,068	4,598	95,402
40	1,672	2,505	97,495
50	0,000	0,000	100,000
60	0,000	0,000	100,000
70	0,000	0,000	100,000
80	0,000	0,000	100,000
90	0,000	0,000	100,000

Porcentaje de adsorción de cromo (VI) en pH 2 con tamaño de partícula de adsorbente de 300-425µm

Tiempo (min)	Cr (VI) (mg/L)	% de Cr (VI) en el medio	% de adsorción
0	65,422	100,000	0,000
1	71,255	108,916	-8,916
3	59,589	91,084	8,916
5	57,987	88,636	11,364
10	51,579	78,841	21,159
15	38,353	58,624	41,376
20	28,166	43,053	56,947
30	21,306	32,567	67,433
40	16,090	24,593	75,407
50	10,421	15,929	84,071

60	7,751	11,848	88,152
70	3,767	5,758	94,242
80	1,795	2,744	97,256
90	1,302	1,990	98,010

ANEXO 3. EVIDENCIAS DE TRABAJO DE CAMPO



Recolectando la palta de estudio (*Persea Americana MiLL*) del distrito de la Joya



Entrevista con el dueño del cultivo de palta, el señor Hector Barrenechea





Pesando la muestra de biomasa de pepa de palta



Tratamiento y pesado del reactivo de difenilcarbazida



Midiendo los diferentes pH de dicromato de Potasio



Realizando el tamizado de los distintos tamaños de partícula



Realizando las pruebas con el equipo Batch



Realizando la curva de calibración

Tomando las alícuotas de la muestra para la disolución y lectura en el espectrofotómetro

ANEXO 4. CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN DE MUESTRAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA
HERBARIUM AREQVIPENSE (HUSA)



CONSTANCIA N° 045-2019-HUSA

El Director del *Herbarium Arequipense (HUSA)* de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

HACE CONSTAR:

Que los frutos de la muestra fresca del espécimen presentada por Adriana Marilia Mollinedo Chávez Bachiller de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez, para la realización de su tesis "Adsorción de Cromo hexavalente de lechos acuáticos utilizando biomasa de pepa de palta". La muestra fue traída al Laboratorio de Botánica al estado fenológico fresco, para su determinación en el *Herbarium Arequipense (HUSA)* y corresponde a la siguiente clasificación y especie.

División Magnoliophyta
Clase Magnoliopsidae
Subclase Magnolidae
Orden Laurales
Familia Lauraceae
Genero *Persea*
Especie *Persea americana Mill Var. Omateña*

Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines que se estimen convenientes.

Arequipa, 21 de mayo del 2019.


Blgo. Leoncio Mariño Herrera
DIRECTOR
Herbarium Arequipense (HUSA)



Avenida Daniel Alcides Carrión s/n cercado
Teléfono: (054) 237755 / 993659045.
Apartado Postal: 0028
AREQUIPA – PERÚ