

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Recuperación de adsorbentes aplicados en la remoción
de cromo presente en las aguas residuales generadas en
la actividad de curtiembre, Huancayo, 2017**

Leticia Leiva Arauco

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Roly Jaime Nuñez Nuñez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Continental, por ser mi alma máter, el soporte de mi formación profesional, así como por ser una organización representativa a nivel educativo en la región central del Perú; así también agradezco a los entes consultores y laboratorio acreditado, que permitieron cotejar adecuadamente los niveles de concentración del objeto de estudio de la presente investigación.

De manera especial agradezco a mi asesor: Ing. Roly Nuñez, por el soporte académico a lo largo de la presente y también por su paciencia; de modo especial también quiero agradecer a los trabajadores de los Laboratorios de Ciencias Básicas y de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental por la ayuda en el proceso de análisis de laboratorio.

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mis padres: Jhony Leiva y Norma Arauco por su entrega incondicional para conmigo y su cariño en todo momento de mi vida.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación e importancia.....	4
1.3.1. Justificación práctica	4
1.3.2. Justificación metodológica	5
1.3.3. Justificación científica.....	5
1.3.4. Importancia	6
1.4. Hipótesis y variables	6
1.4.1. Hipótesis de investigación.....	6
1.4.2. Hipótesis nula	6
1.4.3. Hipótesis alternativa	7
1.4.4. Hipótesis específicas:.....	7

1.4.5.	Operacionalización de las variables.....	7
CAPÍTULO II.....		9
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1.	Antecedentes encontrados en artículos científicos	9
2.1.2.	Antecedentes encontrados en tesis	13
2.1.3.	Antecedentes encontrados en artículos de divulgación	14
2.2.	Bases teóricas	16
2.2.1.	Fundamentos teóricos de la investigación.....	16
2.2.2.	Fundamentos metodológicos de la investigación.....	22
2.3.	Definición de términos	26
CAPÍTULO III.....		28
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación.....	28
3.1.1.	Métodos de la investigación	28
3.1.2.	Tipo de la investigación.....	30
3.1.3.	Nivel de la investigación	31
3.2.	Diseño de la investigación	31
3.3.	Población y muestra	31
3.3.1.	Población	31
3.3.2.	Muestra	32
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	32
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	33
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos	33
CAPÍTULO IV		34
4.1.	Resultados de la investigación	34
4.1.1.	Prueba de hipótesis.....	39
4.2.	Discusión de resultados.....	45
CONCLUSIONES.....		48

RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Balance hídrico presente a nivel de la biósfera; necesaria para soportar vida acorde al ciclo hidrológico.....	17
Figura 02. Modelo entre el coste total y tipo de tratamiento.....	20
Figura 03. Fuerzas (vectoriales) no equilibradas de un sólido.....	22
Figura 04. Representación de la diferencial de desorción física y química.....	23
Figura 05. Modelos de distribución molecular que se relacionan a las isothermas de adsorción-desorción.....	24
Figura 06. Concentración significativa de cromo presente en aguas residuales de curtiembre.....	25
Figura 07. Muestras de aguas residuales de curtiembre con presencia de cromo.....	34
Figura 08. Imagen que representa el reactivo HCl.....	36
Figura 09. Isothermas de adsorción (Modelo de Langmuir) para los adsorbentes utilizados.....	38
Figura 10. Prueba de normalidad estadística para la hipótesis específica 1.....	42
Figura 11. Representación de la prueba de hipótesis correlacional para la hipótesis 1.....	43
Figura 12. Prueba de normalidad estadística para la hipótesis específica 2.....	43
Figura 13. Representación de la prueba de hipótesis correlacional para la hipótesis 2.....	44
Figura 14. Evidencia de la prueba de correlación de Pearson en SPSS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Descripción y operacionalización de las variables en estudio.....	7
Tabla 02. Sustancias contaminantes que alteran la calidad del recurso hídrico.....	18
Tabla 03. Alternativas de tratamiento de las aguas residuales.....	19
Tabla 04. Procesos del manejo de los residuos sólidos.....	21
Tabla 05. Concentración inicial de cromo total para las muestras analizadas.....	35
Tabla 06. Concentración final de cromo total para las muestras analizadas.....	36
Tabla 07. Consideraciones cuantitativas necesarias para la generación de las representaciones de equilibrio del experimento.....	37
Tabla 08. Resultados generales – capacidad de adsorción del pre-experimento.....	38
Tabla 09. Condiciones de desorción/recuperación.....	39
Tabla 10. Representación de los valores relacionados a las líneas de tendencia.....	40
Tabla 11. Comparativa entre los valores de correlación obtenidos.....	40
Tabla 12. Recuperación en porcentaje de los residuos equivalente al proceso de desorción empleada.....	41

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017. Se emplearon los métodos analítico y sintético de corte específico observacional y de diseño pre experimental; el tipo de investigación fue el aplicado y de nivel exploratorio; se utilizó como método de validación hipotética comparativa al valor de R^2 derivado del equilibrio de adsorción/desorción. En los resultados se observa que las condiciones ideales de adsorción-desorción evidenciaron un tamaño de partícula menor (0.5 mm); se logró la recuperación del adsorbente inorgánico en mayor proporción que la del adsorbente orgánico. Finalmente, se concluye que el porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017, lograda tras la desorción de cromo es 79.59 %, reflejando un escenario de adsorción-desorción muy buena ($0.75 < R^2 = 79.59$).

Palabras clave: adsorción-desorción-readsorción, tamaño de partícula, recuperación de residuos absorbentes, curtiembre.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the percentage of recovery of the waste used as adsorbents applied in the removal of chromium present in the wastewater generated in tannery activities, Huancayo, 2017. The analytical and synthetic methods of specific observational cut and of pre experimental design were used; the type of research was applied and exploratory level; the value of R_2 derived from the adsorption / desorption balance was used as a hypothetical comparative validation method. The results show that the ideal adsorption-desorption conditions evidenced a smaller particle size (0.5 mm); recovery of the inorganic adsorbent was achieved in a higher proportion than that of the organic adsorbent. Finally, it is concluded that the recovery percentage of the waste used as adsorbents applied in the removal of chromium present in the wastewater generated in the tannery activities, Huancayo, 2017, achieved after the desorption of chromium is 79.59%, reflecting a scenario very good adsorption-desorption ($0.75 < R^2 = 79.59$).

Key words: adsorption-desorption-readsorption, particle size, recovery of waste adsorption, tannery.

INTRODUCCIÓN

Los informes realizados por organismos internacionales acotan que los recursos naturales, como es el recurso hídrico, se ven impactados diariamente y en forma creciente en especial en países en vías de desarrollo ¹; el impacto señalado no es el positivo o esperado por dichas sociedades en desarrollo, al contrario, éste agrava un problema cada vez más evidente a nivel mundial: la contaminación ambiental, el cual, mayoritariamente, se ve ocasionada por acciones de origen antropogénico. A nivel nacional, la vulnerabilidad de nuestros recursos se ve afectada negativamente por el escenario de contaminación anteriormente señalado ²; de igual modo, en el Perú sólo se ha llegado a ejecutar el 30 % de lo presupuesto en relación a la ejecución de proyectos de inversión pública enfocados en el tratamiento de las aguas residuales, las mismas que tienden a ser generadas por niveles respecto de las fuentes naturales propias de la demarcación del recurso hídrico (unidades hidrográficas, cuencas, etc.) y que constituyen la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas en altas concentraciones, incidiendo especialmente en la presencia de metales pesados como el cadmio, plomo, arsénico, cromo, etc., que ponen en severo riesgo a la salud pública y al equilibrio ecosistémico.

A partir de ello surge la necesidad de solución tentativa y viable de dicha situación problemática ambiental, teniendo como potencial alternativa a la recuperación y valorización ² propia de los residuos utilizados como alternativas no convencionales del tratamiento de las aguas residuales con presencia de uno de los contaminantes con mayor predisposición de generar un escenario de contaminación severo: el cromo, el cual es generado en proporciones significativas en las actividades de curtiembre por poner un ejemplo, y de aquel modo mitigar dicho escenario de modo que se logre contribuir inicialmente con una alternativa, que complemente otra, que se enfoque en la sostenibilidad asumiendo diversos grupos de interés acorde a una sociedad en vías de desarrollo.

La autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Los informes realizados por organismos internacionales acotan que los recursos naturales, como es el recurso hídrico, se ven impactados diariamente y en forma creciente en especial en países en vías de desarrollo ¹; el impacto señalado no es el positivo o esperado por dichas sociedades en desarrollo, al contrario, éste agrava un problema cada vez más evidente a nivel mundial: la contaminación ambiental, el cual, mayoritariamente, se ve ocasionada por acciones de origen antropogénico ³. Complementariamente a ello, según Reyes et. al. ⁴, “la contaminación por metales pesados y metaloides en recursos hídricos, suelos y aire plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local”, y de igual manera, hacen referencia especial sobre una estimación de la contaminación del factor agua propio del componente físico del ambiente, el cual se estima en 2000 millones de metros cúbicos respecto de la presencia de dichos metales pesados y que ello evidencia además el no cumplimiento de los objetivos del Desarrollo del Milenio de la Organización de Naciones Unidas.

A nivel nacional, la vulnerabilidad de nuestros recursos se ve afectada negativamente por el escenario de contaminación anteriormente señalado²; Larios-Meño et. al.⁵ hacen referencia a que en el Perú sólo se ha llegado a ejecutar el 30 % de lo presupuesto en relación a la ejecución de proyectos de inversión pública enfocados en el tratamiento de las aguas residuales, las mismas que tienden a ser generadas por niveles respecto de las fuentes naturales propias de la demarcación del recurso hídrico (unidades hidrográficas, cuencas, etc.) y que constituyen la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas en altas concentraciones, incidiendo especialmente en la presencia de metales pesados como el cadmio, plomo, arsénico, cromo, etc., que ponen en severo riesgo a la salud pública y al equilibrio ecosistémico. Complementariamente a ello, el Instituto Nacional de Estadística e Informática⁶ hace referencia a que otro problema de índole ambiental está relacionado con la generación e inadecuada gestión de los residuos sólidos: menciona que “se debe tener en cuenta que los residuos sólidos siempre han existido en la Tierra desde que el hombre genera residuos, no obstante se genera un problema ambiental cuando se comienzan a acumular en la biósfera mediante la velocidad de generación o por la naturaleza química de los propios residuos, que combinado con la acción directa del hombre como generador, obstaculiza la descomposición e incorporación a los ciclos naturales sobre la Tierra”⁶ dicha afirmación se mantiene sostenida por lo propuesto por el Ministerio del Ambiente⁷ en sentido a que a nivel nacional, regional y local se evidencia dicha problemática enmarcada en la cada vez mayor generación de residuos y la casi nula intervención por parte de los entes fiscalizadores encargados de su gestión adecuada; si bien el citado organismo hace referencia a que una posible solución del tema se mantiene integrada a la nueva generación de hábitos de consumo, ecoeficiencia, buenas prácticas de valorización, etc., ésta no se observa eficiente como tal en su aplicación en la actualidad⁶. El programa 21 de las Naciones Unidas, citado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática⁶, hace referencia a la “Gestión Ecológicamente Racional de los Desechos Sólidos” que abarca 04 áreas enfocadas en: 1) la minimización de los residuos, 2) el aumento de la eficiencia respecto de la reutilización y reciclaje de dichos residuos, 3) disposición ecológica de los residuos, y 4) ampliación a nivel

gubernamental/gerencial respecto de los servicios de la gestión de dichos residuos, lo que se mantiene acorde a la normativa actual y vigente que engloba ya a una gestión denominada como integral de los residuos, en la cual se hace referencia a la valorización de éstos ⁸ y que ello engloba a las conocidas 3Rs (reutilización, reuso, reciclaje) aplicadas comúnmente para fines de sensibilización; se hace referencia a aquello con la finalidad de que se aperturen nuevos caminos que busquen solucionar, complementariamente, las problemáticas expuestas, ya sean desde el punto de vista práctico o técnico, o profesional y científico, y que se enfoquen en la valorización ² propia de los residuos utilizados como alternativas no convencionales del tratamiento de las aguas residuales con presencia de uno de los contaminantes con mayor predisposición de generar un escenario de contaminación severo: el cromo, y de aquel modo mitigar dicho escenario de modo que se logre contribuir inicialmente con una alternativa, que complemente otra, que se enfoque en la sostenibilidad asumiendo diversos grupos de interés acorde a una sociedad en vías de desarrollo.

1.1.2. Formulación del problema

a) Problema general

¿Cuál es el porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017?

b) Problemas específicos

- ¿Cuál es la capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017?

- ¿Cuál es la capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017.
- Determinar la capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación práctica

La presente investigación se justifica en la práctica por la generación de nuevos conocimientos, acorde al nivel de investigación planteado, respecto de la valorización de residuos (en marco de la recuperación de residuos asociada a la gestión sostenible de éstos) que fueron empleados como alternativas de tratamiento de aguas residuales con presencia de metales en el contexto de estudio, los cuales, tras dicha aplicación, evidenciaron la presencia de características de peligrosidad (sólidos

doméstico o de gestión municipal → peligroso o de gestión no municipal), haciéndolos especiales respecto de su manejo por su potencial de impacto ambiental, sosteniendo así que la mencionada valorización, enfocada en la reutilización, mitigaría dicho impacto a corto y mediano plazo en función del porcentaje de recuperación de los adsorbentes utilizados.

1.3.2. Justificación metodológica

Acorde al nivel exploratorio de la investigación planteado en la presente, metodológicamente se abarcaron procedimientos existentes desde el punto de vista del proceso de desorción como sustento técnico enmarcado en el método científico; sin embargo el optar por un primer acercamiento del problema en investigación acorde a la normativa reglamentada, actualizada y reciente respecto de la gestión integral de los residuos sólidos ⁹, donde se sostiene la originalidad del proceso metodológico planteado en un capítulo subsiguiente, además de que en el contexto de estudio fue la primera vez que se realizó una investigación así, reflejando de tal modo secuencias y evidencias objetivas de enfoque original con potencial de réplica a nivel de investigación ⁵, así como multisectorialmente a nivel de instrumentos de gestión ambiental.

1.3.3. Justificación científica

Científicamente, la presente investigación mantiene una justificación acorde a la aplicación del método científico, reflejado en la observación, experimentación, validación de hipótesis y la generación de conocimiento comprobado respecto del porcentaje de recuperación, enmarcada en la recuperación de los residuos sólidos que han sido empleados como adsorbentes potenciales de cromo presente en las aguas residuales, de la actividad de curtiembre para el caso. De igual modo, se contrastó resultados y conclusiones que fueron considerados como antecedentes de modo que se evidencie análisis y representatividad respecto de la generación de conocimientos relacionados a la ciencia básica, así como

los resultados mantuvieron una validez adecuada reflejada por la utilización de isothermas de análisis de la adsorción y desorción.

1.3.4. Importancia

La importancia de la presente investigación se mantuvo sostenida por la generación de conocimientos iniciales respecto de la recuperación (valorización) de los residuos sólidos utilizados como adsorbentes del metal cromo presente en las aguas residuales, de modo que se contribuya como un aporte científico a la mitigación de los impactos ambientales generados por la inadecuada gestión de dichos residuos en el contexto de estudio, tal como lo sostiene el Ministerio del Ambiente ¹⁰, así como también a los impactos generados en producción o domésticamente respecto de las aguas residuales a largo plazo o de manera complementaria a posterior en investigaciones de índole tecnológica.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis de investigación

H₁: El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es más del 75 %.

1.4.2. Hipótesis nula

H₀: El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menos del 75 %.

1.4.3. Hipótesis alternativa

H_a: El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es más del 50 %.

1.4.4. Hipótesis específicas:

- H₁OE₁: La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %.
- H₀OE₁: La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menor del 75 %.
- H₁OE₂: La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %.
- H₀OE₂: La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menor del 75 %.

1.4.5. Operacionalización de las variables

Tabla 01. *Descripción y operacionalización de las variables en estudio.*

Variables	Tipo de variable	Conceptualización	Categorías	Indicadores
Recuperación de los	Independiente	En el marco de la gestión y manejo de los residuos sólidos y	Potencial de recuperación de	% de recuperación en un entorno

residuos adsorbentes	peligrosos respectivamente, la valorización representa un proceso en el cual dichos residuos son, en potencia, recuperados para ser utilizados en diversos fines independientes para los que fueron fabricados inicialmente, tal como se expone respecto del proceso de adsorción como mecanismo convencional para el tratamiento de aguas residuales.	adsorbentes empleados. Reutilización (Entorno de la valorización según la normativa actual que reemplaza al reaprovechamiento). Potencial alternativa de mitigación ambiental.	de valorización de un residuo orgánica y un inorgánico. Potencial de re-adsorción. Significancia del impacto atenuado.
Desorción y readsorción del cromo	Dependiente Acción inversa a la adsorción física donde se considera que el adsorbato conserva su identidad al ser recuperado; así como la naturaleza del adsorbente, respecto de su potencial de valorización, tiende a reflejar una capacidad de recuperación y re-adsorción en función del grado de retención molecular del adsorbato, así como los parámetros condicionantes y que conforman los modelos de isothermas.	Condiciones de desorción. Potencial de recuperación de cromo.	Tamaño de partícula – saturación. %

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En la investigación titulada “Adsorción y desorción de cromo hexavalente en relaves mineros”, se formuló el objetivo de evaluar “los mecanismos de adsorción-desorción de cromo hexavalente en dos residuos metalúrgicos”. Se considera como resultados, constituida por ensayos de lote, que existe un comportamiento lineal en la recuperación de los materiales adsorbentes, además de demostrar una “marcada histéresis”; consideran que el tiempo de adsorción-desorción es corto y que, en especial la adsorción, se da en condiciones de acidez debido a la interacción electrostática propia de composiciones mineralógicas. Concluyen que las condiciones de las muestras aplicadas a la adsorción-desorción fueron las siguientes: tamaño de partícula = 0.02 mm; pH = 5.5; de igual manera consideran que el potencial de análisis de los procesos estudiados desde el punto de vista de la investigación científica evidencia una conversión óptima de los pasivos ambientales (objetos de estudio) en activos con alta relación respecto del alcance de la sostenibilidad ¹¹.

En el artículo científico titulado “Reducción de cromo contenido en efluentes líquidos de la industria del cuero, mediante un proceso de

adsorción-desorción con algas marinas”, se planteó como objetivo “proveer una alternativa para la remoción de cromo de aguas residuales de curtiembre, utilizando el alga parda *Sargassum sp.*”. Como resultados muestra que en relación al efecto del pH, el adsorbente utilizado manifiesta un grado de adsorción-desorción menor a un pH = 2, que al alcanzar un pH = 4 tras su hidrolización, evidencia un mayor porcentaje de adsorción-desorción; respecto del tamaño de partícula un tamaño de 4.75 mm logra un porcentaje de adsorción del 67 %, mientras que un tamaño de 0,85 mm logra un 60 % y que tras la estandarización de un tamaño de partícula óptimo (1.19 mm) mediante una relación de biomasa/volumen de disolución de cromo de 0.02 gr/mL se logra un mayor porcentaje de adsorción y posterior desorción. Concluye las siguientes consideraciones de adsorción-desorción: pH = 4; grado de agitación = 50 rpm; tamaño de partícula = 1.19 mm; adicionalmente, el porcentaje de remoción fue de 85% tras la aplicación de la materia absorbente (alga citada) a condiciones normales de laboratorio y que al llevarlo al efluente real de curtiembre fue de 51% ¹².

En la investigación titulada “Estudio del proceso de adsorción-desorción de contaminantes en medios confinados mediante simulaciones computacionales”, se tuvo como objetivo realizar “el estudio de las propiedades de adsorción-desorción de iones uranilo sobre sustratos de óxidos metálicos en presencia de componentes naturales del suelo”. Como resultados revelantes de su investigación, mencionan que tras el análisis integral de las densidades de los sustratos experimentales, se alcanzó un comportamiento de la reacción adsorbente logrando una capacidad de 88.2% y 88.3% de adsorbancia experimental y simulada respectivamente; de igual manera, mantienen la posición de que la presencia de otros compuestos, ya sean contaminantes o estabilizadores, varía la representatividad del equilibrio de adsorción, citando que un modelo de PEG por la fuerza iónica que ejerce sobre los sustratos en análisis es el adecuado en temas de representación numérica. Se concluye que la realización de simulaciones, catalogadas como electrostáticas, permite mostrar adecuadamente la cinética de la adsorción (cantidad de material absorbido por unidad de superficie); asimismo, mencionan que “es de

suma importancia considerar al sistema con todos los componentes representativos presentes ya que cada una de las moléculas presentes afectarán la constante de adsorción en el sistema y por lo tanto la concentración del contaminante durante el proceso de difusión”¹³.

En la investigación titulada “Desorción a temperatura programada (TPD) en la caracterización de metales soportados”, en empleó una técnica denominada TPD con el fin de “caracterizar superficies Pt/eta-Alúmina preparadas por impregnación de eta-Alúmina con Ácido Cloroplatínico y Nítrico Diaminplatino” (catalizadores). Como resultados considera que los picos de temperatura en el proceso de desorción fueron de 373 y 678 °K lo que corresponde a las pruebas de tipo λ y tipo θ respectivamente asociadas al análisis de adsorbancia en metales, así como al reflejo de la existencia de sitios activos de adsorción en un porcentaje equivalente a la saturación. Concluye finalmente que la condición de desorción ideal ocurrió en horarios nocturnos por la ocurrencia de una interacción denominada como “metal soporte”; los catalizadores fueron inducidos en la muestra adsorbente primeramente a temperatura ambiente y luego mediante la técnica TPD logrando desorber el elemento presente (H) de manera equivalente al grado de reversibilidad de la adsorción¹⁴.

En la investigación titulada “Isotermas de adsorción y desorción de agua en leche en polvo II: Leche entera”, cuyo objetivo fue “determinar las isotermas de adsorción y desorción de agua sobre leche de vaca en polvo entera”, se presentan los principales resultados: a medida de que la temperatura aumenta se da un incremento de la solubilidad de la lactosa, la cual produce un entrelace entre los valores de desorción y que se representan de una manera adecuada mediante el modelo de GAB; los valores de entrelace o entrecruce se dieron entre 0.3 y 0.6 (kg agua/kg seco), representando el menor valor a la temperatura de 40°C, es decir, la mayor temperatura experimentalmente hablando, lo cual corresponde al valor mayor a una menor temperatura, la cual fue de 15°C, evidenciando que no existe proporcionalidad, acotando puntualmente que los valores de entrelace se reducen en rango en el proceso de desorción, en el cual, a

manejo de temperaturas similares, se mantienen entre 0.5 y 0.6 (kg agua/kg seco). Concluyen que “el calor de sorción disminuye rápidamente con el aumento del contenido de humedad de la muestra”, así como este calor “es mayor que el calor de adsorción en el rango de humedales” gráficamente hablando, indicando así “que la energía requerida en el proceso de desorción es mayor que en el proceso de adsorción” ¹⁵.

En la investigación titulada “Isotermas de adsorción y desorción de agua en leche descremada en polvo” se planteó el objetivo de “determinar las condiciones de equilibrio de adsorción y desorción de leche descremada en polvo a diferentes temperaturas”. Se llegó a los resultados que a un valor pequeño se alcanza la saturación de sitios activos, correspondiente a la formación multicapa respecto de la adsorción, ocurre un entrelace respecto de las isotermas en relación “al calor isostérico de adsorción en función del contenido de humedad”. Se concluye que se no evidencia un ajuste adecuado respecto de las reacciones mayores a 0.5 (formación multicapa o crecimiento exponencial de la saturación de los sitios activos); de igual manera hacen referencia a que uno de los factores que pueden alterar el equilibrio en el proceso de adsorción-desorción es la humedad, puesto que influye propiamente en el mencionado crecimiento exponencial de la saturación de sitios activos respecto de la actividad del agua ¹⁶.

En la investigación titulada “Tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados mediante carbones activados obtenidos de un precursor renovable”, se planteó como objetivo el estudiar “la factibilidad de emplear carbones activados desarrollados a partir de una especie de rápido crecimiento por activación de ácido fosfórico para la remoción de metales pesados de aguas contaminadas”. Puntualmente como resultados respecto de la prueba de recuperación o desorción realizada (enfocada en el análisis de la misma sobre el níquel), se alcanzó un 90 % de capacidad de dicha recuperación tras la utilización del HCl como activador, además de que tras dicho experimento se llegó a comprobar que las propiedades de adsorción, evidenciadas en su capacidad tras la re-aplicación, se mantienen inalteradas en comparación a la adsorción “original”. Se

concluye que los parámetros que reflejaron un 90 % de capacidad de adsorción estuvieron enmarcados en: “área específica del carbón activado: 1194 m²/g; volumen total de poros: 1.03 cm³/g”; de igual manera, hacen énfasis que el modelo de Langmuir evidenció una mejor representatividad isotérmicamente validada, así como el pH, como factor de análisis independiente, evidenció un grado de afectación significativa respecto de la capacidad de adsorción, evidenciando que, al existir un crecimiento respecto de su valor, se favorece a dicha capacidad ¹⁷.

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la tesis titulada “Estudio de la cinética de adsorción y desorción de mercurio y su remoción en columnas empacadas con quitosano”, se formuló el siguiente objetivo general: “estudiar la cinética de adsorción de Hg²⁺ y la remoción de este ion metálico de soluciones acuosas utilizando columnas empacadas con quitosano”. Se alcanzaron las siguientes conclusiones ¹⁸:

- Respecto de la recuperación por desorción del quitosano aplicado como bioadsorbente fue de 34.8 % a nivel de laboratorio.
- No se evidenció una variación en la cinética de adsorción puesto que no hubo un cambio de las condiciones de trabajo a propia conveniencia.
- “Los iones de Hg²⁺ fueron mejor des-adsorbidos usando NaOH (1M) como agente regenerante obteniéndose un porcentaje de desorción del 61 %, mientras que la utilización del NaCl (1M) presentó un bajo porcentaje de desorción (51 %)”.
- Tras la recuperación del bioadsorbente, su reutilización es muy eficiente puesto que logra adsorber un 99 % de mercurio al ser reutilizado en el proceso.

En la tesis titulada “Estudio del proceso adsorción-desorción del herbicida fluroxypyr por materiales de carbón: efecto del pH, de la temperatura, de la dureza del agua y de la presencia de material orgánica natural”, se planteó el siguiente objetivo general: “estudio del efecto de la temperatura,

de la dureza y la alcalinidad del agua sobre la adsorción del herbicida FLX en carbones activados con distintas formas”. Llegó a las siguientes conclusiones ¹⁹:

- La capacidad de adsorción disminuye cuando el pH tiende a ser más alcalino debido a la solubilidad del bioadsorbente utilizado; por tanto, el pH ácido equivalente a un valor de 2 representó mayor capacidad de adsorción.
- Respecto de la temperatura, el fenómeno de adsorción disminuye su capacidad cuando se incrementa la misma de 25 a 40°C.
- La potencial readsorción (reutilización del adsorbente) “suele ser muy común en materiales altamente porosos”, así como tiende a ser más eficiente por la presencia de interacciones no-electrostática.
- Se evidenciaron dos picos de desorción cuando se sometió a las muestras a un pH de 2 y 4, incrementando el valor de capacidad de un 11 % a otros valores hasta un 35 %.

En la investigación titulada “Estudio de los procesos de adsorción-desorción de los metales Cu, Mn, Pb y Zn en la cuenca del río Maipo”, se buscó “estudiar el proceso de adsorción-desorción de metales pesados en sedimentos del río Maipo”. Se llegó a las siguientes conclusiones ²⁰:

- “Los porcentajes de desorción fueron en general bajos, menores al 1 % en todos los sitios y para los cuatro metales, a excepción del sitio Cl a con un 18 % de desorción para el metal Mn^{2+} ”.
- Considera que el sistema de adsorción representado por isotermas es favorable y lineal para los metales objeto de estudio, excepto para el Mn^{2+} , que evidencia mayor grado de desprendimiento o desorción y por tanto menor capacidad de adsorción.

2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación

En el artículo titulado “Adsorción y desorción de Cr(IV) en serrín de pino y cenizas de combustión de biomasa de roble” se planteó el objeto de estudiar y determinar la capacidad de adsorción y desorción de cromo

sobre el serrín de pino (residuos), así como también en las cenizas de la combustión de la biomasa de roble. Como resultados de su investigación consideran que el serrín de pino presentó una capacidad de adsorción del 23 % y las cenizas de roble un porcentaje de 17 %; “no presentan un límite máximo fácilmente estimable para la adsorción de cromo”; por el contrario, presentan gran capacidad de desorción: para el serrín un 98 % y para las cenizas un 66 %. Mencionan como conclusiones que los residuos objeto de estudio (serrín de pino y cenizas de roble) presentan una capacidad muy baja de retención de cromo, evidenciándolos como bioadsorbentes poco eficientes en aplicación sustentado en los altos porcentajes de desorción principalmente del serrín de pino (98 %) sostenido por su baja capacidad de adsorción (23 %) ²¹.

En la investigación titulada “Estudio de la biosorción de cromo con hoja de café”, se buscó “proveer una alternativa para la remoción de metales pesados como el cromo de las aguas residuales (efluentes) de la industria del cuero y de electrorrecubrimientos de piezas metálicas (galvanoplastia)”. Se alcanzaron resultados relacionados con las condiciones ideales que reflejaron una mayor capacidad de adsorción: “pH de la disolución = 4, grado de agitación = 0; tamaño de partícula = 0.149 mm; relación biomasa/volumen = 0.85 gr/mL”. Se concluye que la aplicación de la hoja de café como potencial adsorbente de cromo, por tanto potencial descontaminante de efluentes con presencia de metales pesados, es adecuada, ideal y/o significativa por llegar a una capacidad de adsorción del 82 %, que en comparación con otras alternativas que requieren de métodos de activación especiales, evidencia que su aplicación tiende a ser muy viable, así como su capacidad de recuperación (desorción) se evidenció como eficiente, sin embargo para ésta se utilizaron dos agentes catalogados como eluyentes (H_2O_4 y HCl). Explican que la presencia de potasio en las hojas de café favoreció a la adsorción, así como también la de la desorción, respecto de que el intercambio iónico presentó una disposición de retención de iones de cromo “más fácil” ²².

En el artículo de divulgación titulado “Adsorción-desorción de los metales pesados Pb (II) Y Hg (II) por modelos de partículas coloidales del suelo”, se tuvo el objeto de determinar “las capacidades adsorbentes de modelos de partículas coloidales binarias y ternarias” con presencia de metales pesados como contaminantes inorgánicos y compararlas “con las capacidades de adsorción” de constituyentes individuales. Se concluye puntualmente que se confirma que las interacciones analizadas, en función de la relación de constituyentes coloidales del suelo, evidencian en gran medida una capacidad de alteración respecto de la adsorción-desorción de metales pesados que, al manifestar la necesidad de una activación química o térmica, puede llegar a optimizar la capacidad propia de dicha reacción; en el experimento “la adsorción fue altamente reversible, aumentando el grado de desorción al aumentar la fuerza iónica de la disolución del electrolito desplazante” ²³.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

2.2.1.1. Ciclo y composición del agua

Doménech ²⁴ sostiene que la gran reserva del recurso hídrico se evidencia en a nivel del mar en los océanos, que equivalente a un 97 % del total de agua en la biósfera. El restante porcentaje está contenido por los glaciares, el agua subterránea y la superficial, además de la atmósfera; De igual manera considera que los procesos del ciclo del agua abarcan: la evaporación, precipitación, condensación, infiltración, escorrentía; siendo complementados por otras reacciones de contención y/o liberación de agua influidos o realizados antropogénicamente. Dicho elemento de vital importancia para la vida en el planeta se mantiene en movimiento en alguna de las reservas anteriormente señaladas; existe un flujo correspondiente al estado de la materia en el cual se encuentra a las moléculas de agua (H₂O), el cual depende en gran medida de

factores como el clima, la acción del hombre respecto de procesos productivos, etc., evidenciando un potencial de cambio en los receptores hídricos.

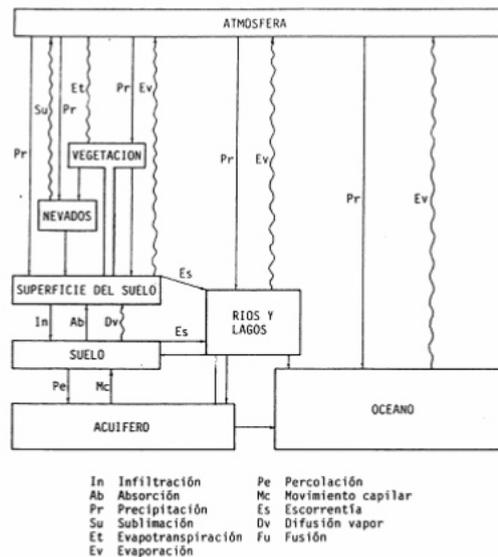


Figura 01. Balance hídrico presente a nivel de la biósfera; necesaria para soportar vida acorde al ciclo hidrológico.

Fuente: Jiménez ²⁵.

El citado autor hace referencia a que las aguas continentales (que incluye a las superficiales y subterráneas) presentan características o una composición que depende de los siguientes factores ²⁴: “1) la presencia de materia orgánica en disolución o en suspensión; 2) la concentración de oxígeno disuelto; 3) la concentración de CO₂; y 4) los procesos químicos que ocurren durante la circulación del agua”. De manera complementaria, también considera que dicho sistema equilibrado respecto de su composición natural tiene el potencial de llegar a ser alterado por la presencia en valores excedentes de microorganismos, sustancias químicas y otros que usualmente se encuentran en vertidos que son dispuestos directamente al recurso hídrico y que son generados, en mayoría, por causas antropogénicas, además de que las características de las aguas superficiales son diferentes a las de las aguas subterráneas; en ambos casos se da una disolución de compuestos minerales así como también otros

orgánicos, pero las aguas superficiales también evidencian la presencia, en suspensión, de partículas sólidas de naturaleza variable. El escenario de variabilidad respecto de las condiciones naturales se considera como la contaminación del recurso hídrico a nivel sectorial urbano o industrial según el autor citado, los cuales manifiestan la generación y/o presencia de contaminantes “especiales” o “puntuales” para cada caso, los cuáles se complementan en la siguiente tabla.

Tabla 02. *Sustancias contaminantes que alteran la calidad del recurso hídrico.*

Orgánicos o nutrientes en exceso (urbanos puntualmente).	Nitratos; fosfatos; sulfatos; K ⁺ ; Ca ²⁺ y Mg ²⁺ .
Inorgánicos (mayormente industriales).	Metales procedentes de la industria en general: Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Ag, Zn; Cianuros: CN ⁻ ; H ₂ S; NO ₂ ⁻ ; SO ₃ ²⁻ ; NH ₄ ⁺ ; etc.

Fuente: Doménech ²⁴.

2.2.1.2. Tratamiento de aguas residuales

Las tecnologías e implementación convencional para el tratamiento de las aguas residuales están ligadas al nivel de la calidad del efluente que será el objeto de dicha implementación, en sí porque dichas descargas de agua se generan a varios niveles (doméstico, industrial, etc.) lo cual no mantiene una constancia respecto de la concentración de los contaminantes, por lo cual, ocasionalmente, es necesario de tener en cuenta tratamientos o fases complementarias que aseguren un adecuado nivel de descarga que se mantenga por debajo de los límites permisibles así como respecte los estándares de calidad ambiental que son estipulados sectorialmente según la normatividad ²⁶. En la tabla siguiente se observan a detalle las características o componentes por tipo de tratamiento que existen en la actualidad y que son mayormente implementados.

Tabla 03. *Alternativas de tratamiento de las aguas residuales.*

Tipos	Características
Tratamiento primario	<ol style="list-style-type: none"> 1) Cribado o desbrozo. 2) Sedimentación. 3) Flotación. 4) Separación de aceites. 5) Homogeneización. 6) Neutralización.
Tratamiento secundario	<ol style="list-style-type: none"> 1) Lodos activados. 2) Aireación prolongada. 3) Estabilización por contacto. 4) Modificaciones del sistema de lodos activados: aireación por fases, mezcla completa, alta carga, aireación con oxígeno puro, etc. 5) Lagunaje de aireación. 6) Estabilización del lagunaje. 7) Filtros biológicos (percoladores). 8) Discos biológicos. 9) Tratamientos anaerobios: procesos de contacto, filtros (sumergidos).
Tratamiento terciario o "avanzado"	<ol style="list-style-type: none"> 1) Microtamizado. 2) Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas). 3) Precipitación y coagulación. 4) Adsorción (carbón activado). 5) Intercambio iónico. 6) Ósmosis inversa. 7) Electrodiálisis. 8) Cloración y ozonización. 9) Procesos de reducción de nutrientes.

Fuente: Ramalho ²⁶.

Complementariamente, las fuentes las aguas residuales pueden ser cuatro según el citado autor ²⁶: 1) aguas domésticas o urbanas; 2) aguas residuales industriales; 3) escorrentías de usos agrícolas; y 4) pluviales. Se considera que el mayor foco de contaminación del agua engloba a las grandes urbes o ciudades ubicadas usualmente a lo largo de unidades hidrográficas relevantes o de caudal significativo ²⁶; sin embargo, la presencia

de sustancias con características de peligrosidad en las aguas industriales o en los vertidos agrícolas evidencian que su abordaje y su potencial solución tecnológica deberá ser más rigurosa, sumando a que mantienen parámetros de calidad y permisibilidad específicos en función de las labores realizadas.

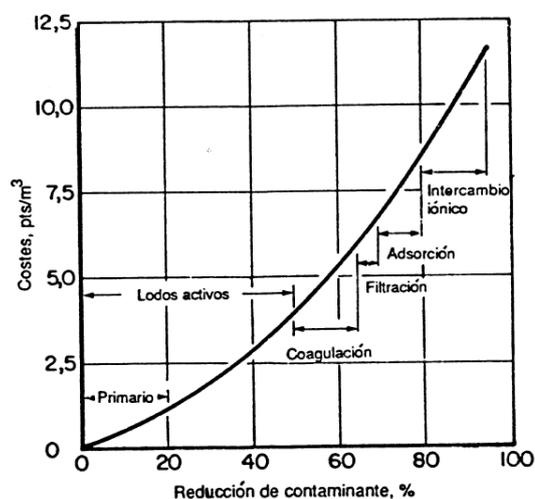


Figura 02. Modelo entre el coste total y tipo de tratamiento.

Fuente: Ramalho ²⁶.

2.2.1.3. Valorización de residuos sólidos

Según el Ministerio del Ambiente ²⁷ los subproductos en estado sólido de materia la son catalogados como “residuos sólidos” normativa, científica, técnica y prácticamente hablando, de los cuales, en sentido normativo complementario desde el punto de vista nacional, el generador tiene por obligación disponer de una manera adecuada, para lo cual se tiene que considerar una clasificación adecuada de los mismos, de modo que no representen peligros significativos. La clasificación que propone la normativa nacional en sentido de la fuente de generación se compone de dos ámbitos: el municipal y el no municipal; el primero abarca a los residuos domiciliarios, comerciales y de limpieza de espacios públicos, mientras que el segundo engloba a los residuos generados en establecimientos de salud, a los industriales, a los de actividades de construcción, a los

agropecuarios y a los generados en instalaciones o actividades especiales como podrían ser industrias o plantas inmersas al desarrollo con potencial radioactivo.

De manera complementaria, el Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos ⁸ hace referencia en el inciso b) del Art. 5º, propio del Capítulo 2 del Título I, a la valorización de los residuos sólidos como uno de los principios de la mencionada ley; puntualmente considera: “los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico, por lo tanto, se priorizará su valorización, considerando su utilidad en actividades de: reciclaje de sustancias inorgánicas y metales, generación de energía, producción de compost, fertilizantes u otras transformaciones biológicas, recuperación de componentes, tratamiento o recuperación de suelos, entre otras opciones que eviten su disposición final”. Asimismo, el inciso e) del Art. 6º de dicha ley, correspondiente al mismo capítulo y título, menciona que el promover la valorización de residuos sólidos es un lineamiento de la Gestión Integral de Residuos Sólidos que se mantiene relacionada con la responsabilidad propia del deber del generador con un objeto de importancia relacionado al fomento de la sostenibilidad y por tanto a la reducción o mitigación de impactos ambientales.

Tabla 04. *Procesos del manejo de los residuos sólidos.*

Operaciones o procesos considerados por el Art. 32 de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (vigente a la fecha).	a) Barrido y limpieza de espacios públicos.
	b) Segregación.
	c) Almacenamiento.
	d) Recolección.
	e) Valorización.
	f) Transporte.
	g) Transferencia.
	h) Tratamiento.
	i) Disposición final.

Fuente: Art. 32º del Decreto Legislativo N° 1278 ⁸.

2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

2.2.2.1. La adsorción como tratamiento terciario de las aguas residuales

En términos físico-químicos, según Ramalho ²⁶, el proceso de la adsorción tiende a ser generalizada como “la concentración de un soluto en la superficie de un sólido”, en función del contacto de una superficie con una solución. El fenómeno de los puentes de hidrógeno, así como las fuerzas de Van der Waals, son ejemplos de lo que es la adsorción física. El citado autor también hace referencia a que la capacidad de adsorción está relacionada con la superficie del adsorbente en su totalidad: “cuanto mayor sea la superficie se dispone de mayor número de fuerzas residuales no equilibradas para la adsorción” ²⁶.

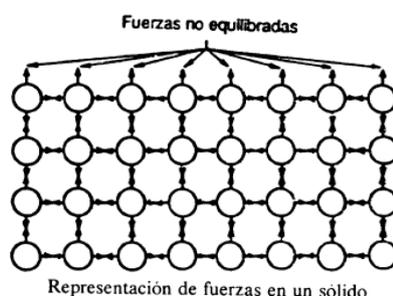


Figura 03. Fuerzas (vectoriales) no equilibradas de un sólido.

Fuente: Ramalho ²⁶.

La manera adecuada de representar y dar una validez óptima a la aplicación de adsorbentes como alternativa de tratamiento complementario de las aguas residuales es mediante la confección de isotermas de adsorción, que evidencian una relación de equilibrio entre el adsorbente y adsorbato ²⁶; complementariamente, Ramalho ²⁶ considera que las variables pH, temperatura, tamaño de partícula del adsorbente, etc., influyen en el proceso de adsorción, lo cual se refleja en la isoterma de modo que se concluyan con variables óptimas que reflejen una capacidad de adsorción ideal.

2.2.2.2. Desorción como proceso de regresión

La desorción, explícitamente manifestada como un proceso físico-químico, puede ser lograda por medios químicos, térmicos, etc.; así también se mantiene relacionada con la adsorción física: según la Universidad Nacional Autónoma de México ²⁹ la adsorción física o fisisorción tiende a completar una fase de la asociación de moléculas a un compuesto, sustancia o cuerpo de naturaleza específica en función de la saturación de sitios activos, a diferencia de la “liberación” de dichas moléculas, lo cual hace referencia al proceso de desorción, teniendo en cuenta condiciones o características también específicas, de modo que el adsorbato presente mantenga su “identidad” o esencia.

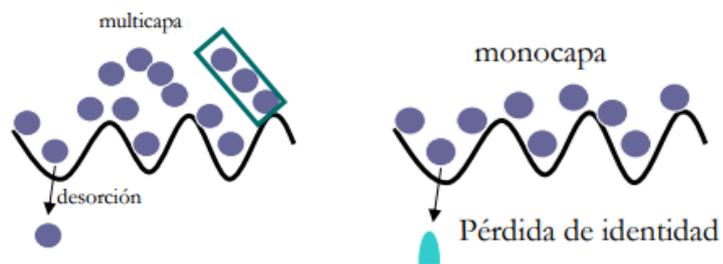


Figura 04. Representación de la diferencial de desorción física y química.

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México ²⁹.

Los factores que afectan la capacidad de adsorción y desorción engloban a los siguientes parámetros ²⁹: “1) cantidad del adsorbente (m): superficie disponible; 2) P o C del adsorbato: cantidad de material disponible; y 3) temperatura: generalmente la adsorción es exotérmica”. También considera que si estas condiciones o parámetros ya son programados con anticipación lo que tiende a variar será la naturaleza del adsorbato, del adsorbente y del disolvente.

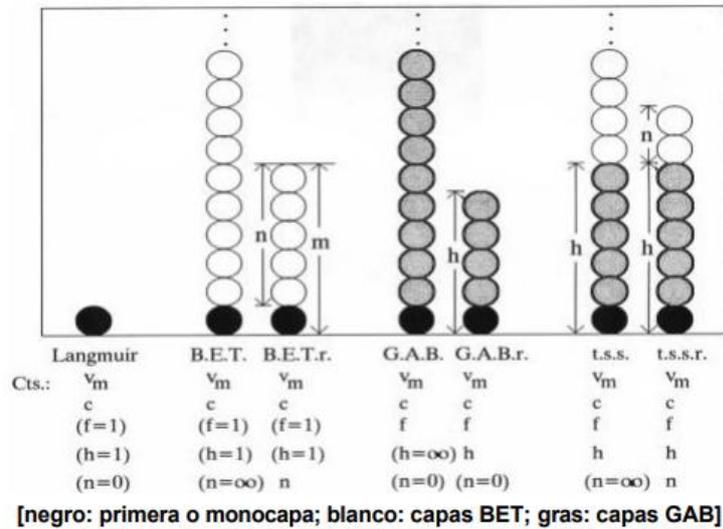


Figura 05. Modelos de distribución molecular que se relacionan a las isothermas de adsorción-desorción.

Fuente: Timmermann ²⁸.

2.2.2.3. Valorización de los residuos utilizados como adsorbentes en el tratamiento no convencional de las aguas residuales generadas en la industria de curtiembre

El proceso del curtido, según Pinedo ³⁰, abarca a la transformación de una piel “animal” en un material resistente considerado como indestructible respecto del proceso y el entorno laboral (giro de negocio). A partir de ello, el autor citado también señala que uno de los insumos mayormente utilizados, por su potencial y eficiencia en el proceso, es el cromo, normalmente incluido de manera trivalente o hexavalente, es decir, en forma de cromo total. Complementariamente, Ortiz ³¹, considera que la presencia de cromo en las aguas residuales generadas en el proceso de curtiembre o curtido de pieles en específico se da en muy altas o significativas concentraciones, que sobrepasan significativamente a los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental normados sectorialmente; en la siguiente figura se muestra una representación del nivel de concentración de cromo generada por una industria en específico.

MUESTRA	INDUSTRIA CURTIDORA				
	I	II	III	IV	V
1	2520	3140	1960	8115	5430
2	2770	3790	2380	7540	3980
3	2340	4020	2260	8250	4390
PROMEDIOS	2543	3650	2200	7968	4600
Máx permisible	1.0 (DAMA, Resolución 1074 de 1997)				

Figura 06. Concentración significativa de cromo presente en aguas residuales de curtiembre.

Fuente: Ortiz ³¹.

Efectuando dicha realidad, se expuso el fundamento respecto del tratamiento complementario y no convencional de las aguas residuales de curtiembre con presencia de cromo; sin embargo, la utilización de residuos “comerciales” ², que abarcan o incluyen a los residuos domésticos o especiales respecto de la generación de residuos de construcción y demolición, para o como alternativa de tratamiento evidencia la generación de residuos con presencia de cromo adherido o adsorbido, haciendo que éstos presenten características de peligrosidad propiamente dicho; de modo que, según la normativa vigente respecto de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos ⁸, se evidencia una tentativa de valorización que, según la cita anterior y sumado a lo propuesto por el Ministerio del Ambiente ², debe ser manifestada o evidenciada en función de un porcentaje de recuperación tras la aplicación de alternativas de segregación, reciclaje o reutilización, de modo que cada vez menos existan residuos que disponer finalmente, mitigando el potencial de riesgo e impacto ambiental que puedan evidenciar por sus propiedades y/o características; puntualmente, el grado o nivel de recuperación (%) evidenciaría indirectamente un potencial de mitigación de impactos ambientales de manera indirecta.

2.3. Definición de términos

- Adsorción: “es una operación en la cual se pone en contacto un sólido con un fluido con el fin de retener uno o más componentes del fluido. En esta operación se saca partido de la capacidad de ciertos sólidos de extraer de una manera selectiva determinadas sustancias de una solución líquida o gaseosa, es decir, dando un flujo de materia desde el fluido hacia el sólido. El sólido se denomina adsorbente y el soluto a adsorber de denomina adsorbato” ³².
- Agitación: “se refiere al movimiento inducido de un material homogéneo que se encuentra dentro de algún recipiente; la mezcla es la distribución al azar de dos fases inicialmente separadas logrando que ambas fases se distribuyan y encuentren finalmente la homogenización” ³².
- Aprovechamiento de residuos sólidos: es el “volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de aprovechamiento de reciclaje, recuperación o reutilización” ⁹.
- Centrifugación: es una “operación unitaria por medio de la cual se separan líquidos inmiscibles, sólidos no disueltos (en suspensión) en líquidos o sólidos dispersos en gases, usando la acción de la fuerza centrífuga” ³².
- Densidad: “es una propiedad intensiva, es decir que no depende de la cantidad de materia; relaciona dos propiedades extensivas las cuales sí dependen de la cantidad, como es la masa y el volumen” ³².
- Desorción: “es una operación unitaria en la cual se pone en contacto una corriente líquida con una corriente gaseosa, con el fin de realizar la transferencia de uno de los componentes de la corriente líquida a la corriente gaseosa; operación contraria a la adsorción” ³².
- Entalpía: es la “cantidad de energía calórica por unidad de masa de aire o gas libre de humedad. La entalpía de una mezcla vapor-gas es la suma de la entalpía relativa de gas y la entalpía del valor que contiene el gas” ³².
- Hidrólisis: es “la descomposición de una molécula por la acción del agua y por extensión, es la reacción de un compuesto con el agua” ³².
- Operación unitaria: es la “etapa que compone un gran número de procesos en la cual se realizan cambios o transformaciones físicas” ³².

- pH: “es un parámetro que se tiene en cuenta en las normas de vertimiento de aguas residuales a un cuerpo de agua o a un alcantarillado; es la medida referencial que las sustancias evidencia acides, neutralidad o basicidad en función de sus propiedades” ³².
- Proceso unitario: es la “etapa que compone los procesos de producción en la cual se realizan cambios químicos o bioquímicos” ³².
- Recursos naturales: “son los que se encuentran, como su nombre lo dice, en la naturaleza y a los cuales se les atribuye un valor. Los recursos existen, siempre y cuando se tenga sobre él una demanda, de lo contrario, es decir, si no tiene valor, no se considera recurso; se clasifican en continuos, almacenados y en movimiento” ³².
- Residuos inorgánicos: “son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos” ⁹.
- Residuos orgánicos: “se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición. Pueden generarse tanto en el ámbito de gestión municipal como en el ámbito de gestión no municipal” ⁹.
- Tamizado: es una “operación unitaria empleada para separar y clasificar sólidos, usando como principio de separación la diferencia de tamaño que existe entre el diámetro de la partícula y el diámetro del orificio del tamiz” ³².
- Temperatura: “es una medida arbitraria de la intensidad del calor que posee una sustancia; es la fuerza guía para que ocurra una transferencia de calor” ³².
- Valorización: “constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos sólidos” ⁸.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

a) Método general

El método general o teórico que se utilizó en la presente investigación, enmarcado en el método científico, fue el analítico, y a la vez el sintético, puesto que, según Arroyo ³³ y lo planteado como objeto de estudio, se buscó la síntesis del conocimiento plasmado en el proceso de desorción del cromo adsorbido por un residuo sólido doméstico de gran índice de generación a nivel local (expuesto en el planteamiento del problema) así como de un residuo de construcción y demolición representativo como es el ladrillo ²⁷, es decir, enfocarse y complementar al proceso de adsorción (al recuperar propiamente dicho y volver a aplicar como valorización) mediante el análisis de partes para llegar a un todo y evidenciar sostenibilidad frente a posteriores aplicaciones tecnológicas.

b) Método específico

El método específico que se relaciona adecuadamente al método general planteado fue el experimental; si bien Arroyo ³³ considera que dicho método abarca el medir y comprobar los efectos producidos por la introducción de causas o variaciones de la esencia de las variables, también hace referencia a que a conveniencia del investigador, en un entorno no paramétrico de la investigación ³⁴, se pueden manipular condiciones a nivel de laboratorio de manera que los resultados obtenidos reflejen valores cuantitativos que, al ser sometidos a una “organización, análisis e interpretación” ³³, reflejen consistencia y el alcance de un adecuado aporte científico. De igual modo, considerando que se abarcó al método sintético y analítico, también se tuvo en cuenta como método específico, pero a menor escala o de forma complementaria, a la observación propiamente dicha que guardó las siguientes características: observación no estructurada, directa, participante, individual y de laboratorio ³³. El proceso metodológico que se siguió en la investigación constó de los siguientes pasos:

- a) Se delimitó el área y objeto de estudio: valorar a los residuos utilizados como adsorbentes de cromo en un entorno de reciclaje y aplicación (re-adsorción).
- b) Se asumieron a dos adsorbentes (residuos) a recuperar mediante la aplicación de la HCl como sustrato que liberó a los sitios activos disponibles; los residuos identificados fueron: la mandarina (orgánico) y el ladrillo (inorgánico).
- c) La estandarización de los adsorbentes constó de conseguir el tamaño de partícula ideal de aplicación según las fuentes bibliográficas consultadas, obteniendo como tal el tamaño para la mandarina de 0.5 mm tras un tamizado especial según Vergudo ³⁵, así también los tamaños de aplicación del adsorbente inorgánico de 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, según Allahdin ³⁶.
- d) La aplicación en el entorno de adsorción se realizó de manera manual para la presente según los autores citados, teniendo para el adsorbente orgánico un escenario de tamaño de partícula a aplicar de 0.5 mm, 1 g de adsorbente para tres volúmenes de adsorbato (10, 15 y 20 mL); mientras que para el adsorbente

inorgánico 6 g de adsorbente en una relación de a menor tamaño de partícula a un volumen mayor (0.5 mm <> 6.5 mL; 1.0 mm <> 7.5 mL; 1.5 mm <> 8.5); el presente también se aplicó en similar proporción en el entorno de re-adsorción.

- e) Para el entorno de desorción se aplicó el HCl como agente que liberó a los sitios activos en un entorno de recuperación de los residuos adsorbentes; la consideración que se tuvo para la desorción fue de 15 mL de 0.1M de HCl a una velocidad de revolución constante de 200 rpm y a un tiempo de 30 min; dichas pruebas fueron realizadas en el laboratorio de ciencias de la Universidad Continental (Ver Anexo 4).
- f) Se procedió a llevar a un laboratorio acreditado (Ver Anexos 2 y 3) las muestras de agua de curtiembre, así como a las muestras que pasaron por el proceso de adsorción y re-adsorción, de modo que los datos que sean brindados demuestren confiabilidad.
- g) Se analizaron estadísticamente los resultados en correspondencia a los objetivos e hipótesis específicas, mediante una prueba de correlación paramétrica (Pearson) a un nivel de confianza del 95%.
- h) Se analizó el escenario de adsorción-desorción mediante el contraste con un rango superior al 0.75, lo cual evidenció que se logró un contexto de adsorción-desorción muy buena.

3.1.2. Tipo de la investigación

La presente investigación se acomoda a un tipo de estudio aplicado; según Arroyo ³³ dicho estudio refleja una consistencia con la necesidad de obtener conocimientos con fines de solución de problemas como es el caso de la contaminación al ambiente a causa de actividades antropogénicas como es el caso del vertimiento de aguas residuales con presencia de un metal pesado (cromo) utilizado en las actividades de curtido de pieles y que no viene siendo regulado adecuadamente así como el problema de la gestión de los residuos sólidos reflejado en la generación de puntos críticos de residuos sólidos domésticos y de construcción y demolición, lo cual fue reflejado a nivel de laboratorio obteniendo así resultados representativos en sentido de valorización de los mismos.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de investigación que más se acomoda a la presente fue el exploratorio; según Arroyo ³³ “cuando un tema o problema no ha sido abordado o al menos es muy poco estudiado” corresponde a un nivel de abordaje inicial del conocimiento a nivel local científicamente hablando, el cual deberá ser complementado por investigaciones sucesivas o posteriores de modo que se sostengan las afirmaciones en ideal y en aplicación para así fomentar el desarrollo tecnológico; de modo que se sustenta la elección de dicho nivel por la no evidencia objetiva de resultados ni conclusiones acorde al objeto de estudio planteado en la presente.

3.2. Diseño de la investigación

Según Hernández et. al. ³⁴, el diseño que más se acomoda a la presente investigación se mantiene relacionada al experimental de corte específico pre experimental por tratarse de la generación de nuevos conocimientos tras la realización de un experimento inicial en el contexto local de estudio. Asimismo, el autor citado hace referencia a la toma de datos en momentos específicos, ya sean únicos y múltiples, lo que conlleva a formular un ideal de transversalidad en la presente investigación, es decir, se tomaran datos en un solo momento desde el punto de vista metodológico y acorde al tipo y nivel de investigación planteados.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población elegida para la presente investigación estuvo enmarcada en la elección de las muestras de residuos o adsorbentes utilizados como bioadsorbentes para uno de los casos de un metal pesado que usualmente está presente en cantidades que superan límites máximos o estándares de calidad ambiental ¹¹, haciendo referencia al cromo total (Cr), respecto de

su presencia en aguas residuales de fuente de generación industrial, como lo es, en esencia por más que se mantengan en la informalidad, el sector peletero o de curtido de pieles; se tuvo en cuenta la elección de un grupo de 10 de los mencionados adsorbentes de modo que, teniendo en cuenta una representatividad adecuada, formen parte de la muestra seleccionada la cual se mantiene sustentada en el acápite subsiguiente.

3.3.2. Muestra

La muestra representativa seleccionada fue de 3 muestras de residuos de mandarina (*Citrus reticulata* Var. *clementina*) así como 3 muestras de residuos cerámicos, en esencia ladrillo de distinto tamaño de partícula, ambas con presencia de cromo total adsorbido; el método de delimitación muestral se mantuvo acorde a un entorno no probabilístico o no paramétrico, haciendo referencia a la selección por conveniencia, según Hernández et. al. ³⁴, de muestras que reflejen una mayor capacidad de adsorción de cromo, con la consigna de obtener valores de desorción significativos para así relacionar adecuadamente el nivel y métodos de investigación planteados con la técnica de tratamiento (validez) de datos óptimo y adecuado de modo que se obtengan resultados significativos y representativos como aporte científico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos, en relación con el método específico y el nivel de investigación planteado teniendo en cuenta lo propuesto por Arroyo ³³, fue la siguiente: la observación ³³, la cual cotejó todas las características descritas en el método específico, enfocándose de modo complementario con el cumplimiento óptimo de la delimitación o manera de elegir la muestra representativa de la investigación; la citada técnica se complementará con el instrumento de recolección equivalente sustentado en el acápite subsiguiente.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

En relación a la técnica de recolección de datos propuesta, los instrumentos de recolección de datos, desde el punto de vista metodológico ³³, fueron los siguientes:

- a) Lista de cotejo N° 1: la cual fue denominada como “Cadena de Custodia”; dicha lista de cotejo permitió cotejar en consideración adecuada la capacidad de adsorción de los residuos utilizados, de modo que complementa a la elección y/o delimitación de la muestra representativa (Ver Anexo 05).
- b) Lista de cotejo N° 2: la cual fue denominada como “Cotejo de las condiciones de adsorción/desorción de cromo (Mandarina/Ladrillo)”, la cual permitió cotejar información relevante acorde a la realización del proceso de desorción y evidenciar resultados de manera consistente y adecuada (Ver Anexo 06).

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Las técnicas de análisis que fueron consideradas en la presente investigación estuvieron enmarcadas en dos grupos: 1) técnicas de análisis de laboratorio y 2) la prueba de correlación de Pearson para la validación de las hipótesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

De modo puntual, para inicialmente determinar la capacidad de adsorción-desorción de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre y la capacidad de adsorción-desorción del residuo cerámico utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, se estandarizaron los valores de los adsorbentes en relación a su tamaño de partícula y pH, además de considerar la concentración inicial de cromo total en las muestras proporcionadas en laboratorio.



Figura 07. Muestras de aguas residuales de curtiembre con presencia de cromo.

Fuente: propia.

Las condiciones iniciales de concentración de cromo, según lo reportado por el laboratorio acreditado que realizó el análisis de las muestras, fueron las siguientes (Ver Anexo 03):

Tabla 05. *Concentración inicial de cromo total para las muestras analizadas.*

MC-LL-01	97 mg/L
MC-LL-02	151 mg/L
MC-LL-03	237 mg/L

Fuente: propia en función del informe de ensayo anexado.

Cabe resaltar que las muestras enviadas a análisis mantuvieron características físicas como el pH = 4.9, así como una temperatura de 12°C en el sellado hermético anterior al envío de muestras. Para el ensayo de adsorción y readsorción (como alternativa de desorción en término físico-químicos) se tuvo en cuenta un tamaño de partícula similar para el residuo adsorbente orgánico y diferente para el residuo adsorbente inorgánico, es decir, para la mandarina se trabajó con un tamaño de partícula de 0.5 mm, en cambio para el ladrillo fue de 0.5, 1.0 y 1.5 mm; dicha diferencia de tamaños se relaciona a una mayor capacidad de adsorción en tentativa propuesta por las fuentes metodológicas asumidas como tal en la investigación, evidenciando el escenario de pre-experimento. La condición de pH ideal de trabajo que correspondió a la obtención de resultados significativos se mantuvo acorde a lo propuesto por Timmermann ²⁸, asumiendo como tal al pH de 4 estandarizado mediante la utilización del reactivo HCl en baja proporción, de modo que las condiciones de adsorción-desorción se evidencien como las esperadas en función de su representatividad y significancia. Cabe resaltar que para la homogenización del adsorbente solo fue necesario el reducir el tamaño de partícula y tamizarla de manera estrictamente física, de modo que no se tuvieron en cuenta para la presente algunos métodos de activación que potencialmente influyan en el incremento de la capacidad de adsorción-desorción, acorde también al nivel de investigación propuesto en la presente.



Figura 08. Imagen que representa el reactivo HCl.

Fuente: propia.

Las condiciones respecto del tiempo de agitación, utilizando la centrífuga, fueron: tiempo = 30 min, velocidad de revolución = 200 rpm; a partir de ello se obtuvieron los siguientes datos respecto de un posterior análisis de laboratorio (Ver Anexo 03) en relación a la disminución de la concentración de cromo total potencial tras la aplicación de los adsorbentes (orgánico e inorgánico):

Tabla 06. *Concentración final de cromo total para las muestras analizadas.*

Orgánico	MC-LL-04-M	3.077 mg/L
	MC-LL-05-M	3.782 mg/L
	MC-LL-06-M	4.285 mg/L
Inorgánico	MC-LL-07-L	2.988 mg/L
	MC-LL-08-L	3.428 mg/L
	MC-LL-09-L	3.854 mg/L

Fuente: propia en función del informe de ensayo anexo.

Como aporte inicial que es posible de afirmar puesto que se ha observado una gran disminución de la concentración de cromo, se tiene que la muestra proporcionada de curtiembre provino del alcantarillado de curtiembre, es así que corresponde respecto de los Límites Máximos Permisibles al Anexo 2 “Valores referenciales de efluentes para alcantarillado y aguas superficiales de las actividades en curso de los subsectores curtiembre y papel”³⁷, que señala un valor máximo de 5 mg/L para cromo total, evidenciando que, en un primer momento se sobrepasaba significativamente dicho valor, y que tras la aplicación de los adsorbentes se obtuvieron valores por debajo de dicho límite, asumiendo así que se va comprobando la eficiencia de los adsorbentes aplicados. A partir de los valores obtenidos y replicados por el laboratorio acreditado se procedió a realizar la representación lineal del fenómeno de adsorción-desorción, la cual se evidenció como adecuada para la isoterma de Langmuir, lo cual, acorde a las bases teóricas, se evidencia como una representación óptima o adecuada del fenómeno de adsorción.

Tabla 07. *Consideraciones cuantitativas necesarias para la generación de las representaciones de equilibrio del experimento.*

Tamaño de partícula	Masa (g)	V (mL) Volumen	C0 (mg/L) Concentración inicial	Ce (mg/L) Concentración final	qe (mg/g) Relación
Orgánico: Mandarina					
0.5	1	10	97	3.077	0.939
0.5	1	15	151	3.782	2.208
0.5	1	20	237	4.285	4.654
Inorgánico: Ladrillo					
0.5	6	6.5	97	2.988	0.102
1.0	6	7.5	151	3.428	0.185
1.5	6	8.5	237	3.854	0.330

Fuente: elaboración propia.

A partir de los valores consignados para la generación de la representación lineal como escenario de equilibrio del experimento (necesaria para la prueba de hipótesis), se obtuvieron las siguientes gráficas:

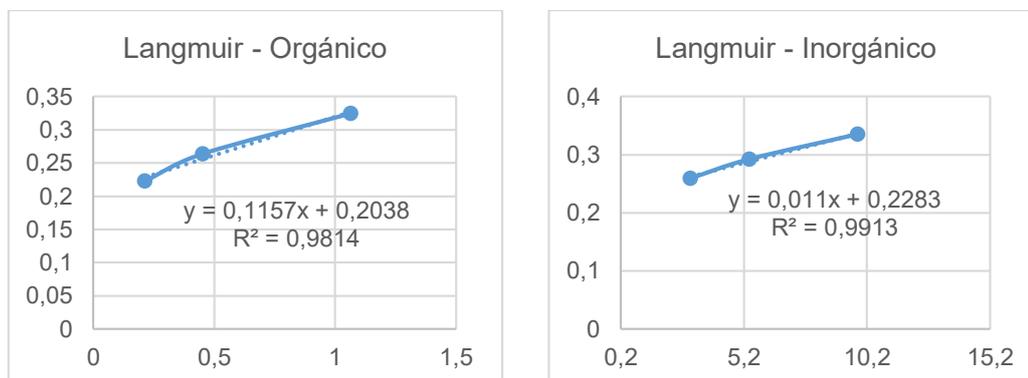


Figura 09. Isotermas de adsorción (Modelo de Langmuir) para los adsorbentes utilizados.

Fuente: elaboración propia.

A partir del cotejo de los valores de “y” y “R²” (ecuaciones del gráfico/modelo de adsorción), se generaron las siguientes tablas como resultados generales en relación a la obtención de la capacidad de adsorción.

Tabla 08. Resultados generales – capacidad de adsorción del pre-experimento.

C0 (mg/L)	Ce (mg/L)	qe (mg/g)	R ²	D.E.	Capacidad
Orgánico: Mandarina					
000	3.077	0.939	0.981		0.7776
151	3.782	2.208	0.778	0.2038	Equivalente
237	4.285	4.654	0.574		77.76%
Inorgánico: Ladrillo					
97	2.988	0.102	0.991		0.763
151	3.428	0.185	0.763	0.2283	Equivalente
237	3.854	0.330	0.535		76.3%

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvieron los siguientes porcentajes respecto de la capacidad de adsorción: 1) capacidad de adsorción de la mandarina: 77.76 %; 2) capacidad de adsorción del ladrillo: 76.3 %; como promedio del estudio se tiene que la capacidad de adsorción de cromo tras la utilización de adsorbentes orgánicos e inorgánicos fue de 77.03 % (en promedio). Las condiciones ideales de adsorción que se asumieron como tal en el pre-experimento fueron: pH: 4; tamaño de partícula: 0.5 mm (el menor respecto de todos y en relación a un menor volumen de análisis); agitación: 200 rpm; tiempo de agitación: 30 min. Para determinar el potencial de desorción, reflejado en la capacidad de recuperación se utilizó como agente influyente según la bibliografía consultada al ácido clorhídrico (HCl 0.1 M) en una dosis de 15 mL correspondiente a cada alternativa de adsorción-desorción.

Tabla 09. *Condiciones de desorción/recuperación.*

% adsorción orgánico	% adsorción inorgánico	% desorción orgánico	% desorción inorgánico	% recuperación orgánico	% recuperación inorgánico
98,1	99,1	74,3	88,5	75,74	89,30
77,8	76,3	53,8	67,3	69,15	88,20
57,4	53,5	38,2	47,4	66,55	88,60

Fuente: elaboración propia.

A partir de dichos valores, las condiciones máximas de desorción/recuperación por cada adsorbente analizado son: a) orgánico: 75.74 %; b) inorgánico: 89.3 %; teniendo como promedio entre ambos (con fines del objeto de la presente investigación) al valor de 79.59 %, equivalente a la recuperación objeto de estudio mediante el análisis del fenómeno de desorción. Es posible afirmar que la recuperación del adsorbente inorgánico es mayor al orgánico, debido principalmente a las condiciones ambientales que afectan en sobremanera a lo orgánico ³⁵, sin embargo, ambos valores calculados representan un porcentaje adecuado de valorización final.

4.1.1. Prueba de hipótesis

Para la comprobación de las hipótesis planteadas se utilizó al análisis derivado de las pendientes propias del modelo considerado apropiado respecto del proceso de adsorción-desorción, es decir, en función a los R^2 reportados las representaciones de equilibrio.

Tabla 10. *Representación de los valores relacionados a las líneas de tendencia.*

R^2 del residuo orgánico = $R^2 = 0.9814$ <> 98.14%
R^2 del residuo inorgánico = $R^2 = 0.9913$ <> 99.13%

Fuente: elaboración propia.

A partir de ello, y según lo propuesto por Villanueva, citado por Verdugo³⁵, se asumieron los siguientes niveles de correlación:

- a) $0 < R^2 < 0.5$: Modelo de adsorción-desorción pobre.
- b) $0.5 < R^2 < 0.75$: Modelo de adsorción-desorción buena.
- c) $0.75 < R^2 < 1$: Modelo de adsorción-desorción muy buena.

Teniendo como tales dichos niveles es factible de afirmar que los modelos que se obtuvieron representaron un proceso de adsorción-desorción muy buena, representado en la siguiente tabla:

Tabla 11. *Comparativa entre los valores de correlación obtenidos.*

Orgánico	$0.75 < R^2 = 0.9814 < 1$
Inorgánico	$0.75 < R^2 = 0.9913 < 1$

Fuente: elaboración propia.

A partir del trabajo con valores sustancialmente significativos que comprueban que el proceso de adsorción-desorción evidenció datos representativos, se procedió a comparar los supuestos planteados de manera hipotética con el valor calculado respecto del porcentaje de recuperación de residuos mediante el proceso de desorción propiamente dicha:

- H₁: El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es más del 75 %.
- H₀: El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menos del 75 %.

Tabla 12. *Recuperación en porcentaje de los residuos equivalente al proceso de desorción empleada.*

	Máximo	Promedio
Orgánico	75.74 %	70.38 %
Inorgánico	89.30 %	88.70 %
Promedio %	-	79.59 %

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, se obtuvo como porcentaje de recuperación, entre ambos criterios asumidos (residuo orgánico e inorgánico) el valor de 79.59 % (en promedio) basado en la presentación y/o validación de los valores de correlación obtenidos a través de las isotermas, lo cual se equiparó con el supuesto hipotético de investigación, es decir:

H1: El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es más del 75 %. Se sostiene también la validación de dicho entorno en sentido a que el valor de R² se encuentra en un rango que asemeja un modelo de adsorción-desorción muy buena, además de que se obtuvo la validación de correlación entre dicho escenario (adsorción-desorción) significativa o de relación directa.

Para las hipótesis específicas se consignaron las respectivas pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk por tener una muestra menor a 50 a un nivel de confianza de 95 %) con su validación hipotética correlacional:

a) Para la primera hipótesis específica:

- H_{1OE_1} : La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %.
- H_{0OE_1} : La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menor del 75 %.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Ad.Org	1,000	3	,997
Desor.Org	,994	3	,851

Figura 10. Prueba de normalidad estadística para la hipótesis específica 1.

Fuente: propia.

Para la primera hipótesis específica se tiene un nivel de significancia de 0.997 y 0.851, lo cual es mayor al valor comparativo de 0.05 equivalente al 95 % de nivel de confianza, demostrando que existe una distribución normal, evidenciando la necesidad de la correlación paramétrica de Pearson a dos colas. La prueba de correlación se presenta en la siguiente figura.

Correlaciones

		Ad.Org	Desor.Org
Ad.Org	Correlación de Pearson	1	,997
	Sig. (bilateral)		,051
	N	3	3
Desor.Org	Correlación de Pearson	,997	1
	Sig. (bilateral)	,051	
	N	3	3

Figura 11. Representación de la prueba de hipótesis correlacional para la hipótesis 1.

Fuente: elaboración propia.

El valor de correlación es de 0.997, lo cual es igual al valor estadístico de prueba ($0.997 \geq 0.997$), rechazando la hipótesis nula, por tanto, validando la hipótesis alternativa: H_1OE_1 : La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %.

b) Para la segunda hipótesis específica:

- H_1OE_2 : La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %.
- H_0OE_2 : La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menor del 75 %.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Ad.Inorg	1,000	3	1,000
Desor.Inorg	1,000	3	,965

Figura 12. Prueba de normalidad estadística para la hipótesis específica 2.

Fuente: elaboración propia.

Para la segunda hipótesis específica se tiene un nivel de significancia de 1.000 y 0.965, lo cual es mayor al valor comparativo de 0.05 equivalente al 95 % de nivel de confianza, demostrando que existe una distribución normal, evidenciando la necesidad de la correlación paramétrica de Pearson. La prueba de correlación se presenta en la siguiente figura.

Correlaciones

		Ad.Inorg	Desor.Inorg
Ad.Inorg	Correlación de Pearson	1	1,000*
	Sig. (bilateral)		,012
	N	3	3
Desor.Inorg	Correlación de Pearson	1,000*	1
	Sig. (bilateral)	,012	
	N	3	3

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Figura 13. Representación de la prueba de hipótesis correlacional para la hipótesis 2.

Fuente: elaboración propia.

El valor de correlación es de 1.000, lo cual es igual al valor estadístico de prueba ($1.000 \geq 0.997$), rechazando la hipótesis nula, por tanto, validando la hipótesis alternativa: H_1 OE₁: La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %.

En forma de resumen, al tener escenarios de distribución normal, corresponde la utilización de una prueba de correlación paramétrica, es decir, la de Pearson. Según la Universidad de Alcalá para con sus Métodos de Análisis de Datos en Ecología ³⁸ evidencia que el valor crítico de prueba al 95 % de nivel de confianza para la correlación de Pearson (r) para una muestra (n) de 3 a dos colas es de 0.997. El valor obtenido para el entorno de adsorción-desorción orgánica e inorgánica se presenta en la siguiente figura como entorno de validación de las hipótesis específicas:

		Ad.Org	Desor.Org
Ad.Org	Correlación de Pearson	1	,997
	Sig. (bilateral)		,051
	N	3	3
Desor.Org	Correlación de Pearson	,997	1
	Sig. (bilateral)	,051	
	N	3	3

		Ad.Inorg	Desor.Inorg
Ad.Inorg	Correlación de Pearson	1	1,000*
	Sig. (bilateral)		,012
	N	3	3
Desor.Inorg	Correlación de Pearson	1,000*	1
	Sig. (bilateral)	,012	
	N	3	3

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Figura 14. Evidencia de la prueba de correlación de Pearson en SPSS.

Fuente: elaboración propia.

Se asumió, también según Triola ³⁹, que para probar $H_0: \rho < 0.997$ contra $H_1: \rho \geq 0$ se rechaza H_0 si el valor absoluto de ρ es mayor o igual que el valor crítico que se indica líneas arriba (0.997), lo cual se evidencia para ambos entornos de adsorción-desorción: orgánica: $0.997 \geq 0.997$ (H_{1OE1} : La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %), e inorgánica: $1.000 \geq 0.997$ (H_{1OE2} : La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %), por tanto validando las afirmaciones de las hipótesis específicas de investigación, evidenciando un valor de correlación significativa (relación directa) puesto que los valores de ρ se acercan a la unidad (1).

4.2. Discusión de resultados

Respecto al tiempo de adsorción-desorción empleado en la presente (30min) concuerda con lo realizado por Rodríguez et. al. ¹¹, en relación a que dicho tiempo suele ser corto o de poca significancia; en relación con su propuesta de tamaño de partícula y pH del medio, que también en relación a este último concuerda con lo realizado por Pastrana ¹⁹, las utilizadas en la presente difieren a sus condiciones (mayor tamaño de partícula y menor condición de acidez), en esencia porque el citado autor consideró como objeto de estudio al cromo hexavalente en residuos de características como son los metalúrgicos; respecto de lo propuesto por Higuera et.

al. ¹², el cual obtuvo un 85 % de capacidad de adsorción-desorción, se tiene que se utilizó un pH equivalente, sin embargo su tamaño de partícula fue mucho menor, de modo que el valor de capacidad de adsorción-desorción analizada en la presente se elevará siempre en cuando dicho tamaño de partícula sea cada vez menor, en consecuencia a la disposición de sitios activos correspondiente al fenómeno de “adsorción”, así también, la estandarización mediante la adición de sustancias y/o reactivos al adsorbente, influirá a la mejora de dicha capacidad, puesto que, según Mayoral et. al. ¹³, las condiciones de disposición y saturación tienden a ser diferentes, en muchos casos se potencia la capacidad de adsorción; sin embargo, Soteras et. al. ¹⁵, considera que la “energía requerida en el proceso de desorción es mayor que en el proceso de adsorción”, representando como tales otros diagramas lineales y/o exponenciales que reflejen como modelo al fenómeno de adsorción-desorción como tal, sustentando indirectamente que es necesario el añadir alguna sustancia o reactivo, como el HCl en la presente, que considera con lo propuesto por Basoo et. al. ¹⁷, para lograr que el fenómeno de desorción se evidencie como tal; asimismo, dicha premisa no concuerda con lo propuesto por Mayoral et. al. ¹³, y Gil et. al. ¹⁶, que considera que “es de suma importancia considerar al sistema con todos los componentes representativos presentes ya que cada una de las moléculas presentes afectarán la constante de adsorción en el sistema y por lo tanto la concentración del contaminante durante el proceso de difusión”, haciendo énfasis que la cinética de adsorción solo se mantiene relacionada a un fenómeno físico propiamente dicho, obteniendo como tal capacidad de adsorción-desorción relativamente menores y que reflejen otro modelo de representación, como el de GAB, demostrando, teóricamente, que el no incluir como tal al modelo Langmuir reduce su potencial de réplica y aplicación a un caudal real de potencial complemento en otras investigaciones, que concuerda con lo propuesto por Florez et. al. ²². De manera complementaria se tiene lo propuesto por Hernández y Choren ¹⁴, que hace referencia a que las condiciones del medio (horarios nocturnos para su caso con sus propias condiciones de temperatura y humedad ambiente) tienden a influir de modo “equivalente al grado de reversibilidad” a los fenómenos de adsorción-desorción, concordando parcialmente con lo realizado en la presente y con lo realizado por Cruz-Guzmán et. al. ²³, donde se utilizaron las condiciones propias de las muestras, así como condiciones pre establecidas en relación a la obtención de una mayor capacidad de adsorción, reflejada como consistente y de necesidad de aplicación en campo de manera complementaria. Puntualmente, las

condiciones de adsorción-desorción concuerdan de la manera general con lo establecido por Florez et. al. ²², y que lo propuesto por Fernández-Sanjurjo et. al. ²¹ se relaciona con el menor potencial de desorción del adsorbente orgánico, en consecuencia, mayor porcentaje de recuperación del inorgánico, demostrado por el hecho de hablar de las capacidades de retención de cromo por cada adsorbente utilizado, lo que también concuerda con lo propuesto por Mauro ²⁰. Finalmente, se obtuvieron porcentajes de recuperación altos para la presente investigación, así como valores adecuados de adsorción (+desorción) respecto de la una de las variables de estudio, evidenciando el potencial uso de la mandarina y ladrillo como tratantes adsorbentes de cromo en efluentes de curtiembre y que con el potencial de recuperación evidencian una tentativa sostenibilidad de aplicación.

CONCLUSIONES

- 1) El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017, lograda tras la desorción de cromo es 79.59 %, reflejando un escenario de adsorción-desorción muy buena ($0.75 < R^2 = 79.59$).
- 2) La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es de 75.74 % ($p = 0.997$).
- 3) La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es de 89.30 % ($p = 1.000$).

RECOMENDACIONES

- 1) Realizar investigaciones que complementen a la presente aplicando como tal a los adsorbentes a un efluente real propiamente en campo y comparar los valores de concentración obtenidos con también los Estándares de Calidad Ambiental.
- 2) Realizar investigaciones que incluyan el uso de alternativas de activación térmica y química del adsorbente como tal y aplicarlo a cromo hexavalente de modo que se complementen las ideas expuestas en la presente.
- 3) Utilizar tamaños de partícula mucho menores a los empleados de modo que se lleguen a obtener resultados cada más eficientes respecto de la adsorción-desorción.
- 4) Utilizar condiciones de valorización de residuos complementarios de modo que se priorice la generación de cada vez menos residuos que lleguen a un botadero o se les dé una condición de disposición final inadecuada, con el fin de mitigar impactos ambientales significativos negativos.
- 5) Analizar distintos giros de negocio que generen metales pesados y someterlos a los adsorbentes que fueron objeto de estudio de la presente con el fin de corroborar nuevas capacidades de adsorción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. United Nations Environment Programme. *Global Environment Outlook - Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. Opciones para América Latina y el Caribe*. Nairobi: PNUMA, 2012.
2. Ministerio del Ambiente. *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Lima: MINAM, 2016.
3. Organización de Naciones Unidas. *Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano*. Estocolmo: ONU, 1972.
4. Reyes, Y. y otros. *Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria*. 2, Boyacá: Rev. Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 2016, **16**. 24224324.
5. Larios-Meño, F., Gonzáles, C. y Morales, Y. *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. 2, Lima: Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, 2015, **2**. 23117613.
6. Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Residuos Sólidos: Anuario de Estadísticas Ambientales 2014*. Lima: INEI, 2015.
7. Ministerio del Ambiente. *Problemática de los residuos sólidos en el Perú*. Lima: MINAM, 2013.
8. Ministerio del Ambiente. D.L. 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Lima: Diario Oficial El Peruano, 2016.
9. Ministerio del Ambiente. Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos D.S. N° 014-2017-MINAM. Lima: Diario Oficial El Peruano, 2017.
10. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión ambiental municipal*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú, 2014. 201418127.

11. Rodríguez, R., Linares, R. y Guadalupe, E. *Adsorción y desorción de cromo hexavalente en relaves mineros*. 24, Lima: R. del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 2009, **12**. 15610888.
12. Higuera, O., Escalante, H. y Laverde, D. *Reducción de cromo contenido en efluentes líquidos de la industria del cuero, mediante un proceso de adsorción-desorción con algas marinas*. XI, Santander: Scientia et Technica, 2005, **29**. 01221701.
13. Mayoral, E. y otros. *Estudio del proceso de adsorción-desorción de contaminantes en medios confinados mediante simulaciones computacionales*. 3, México D.F.: Contaminación Ambiental, 2011, **27**.
14. Hernández, J. y Choren, E. *Desorción a temperatura programada (TPD) en la caracterización de metales soportados*. Zulia: Rev. Téc. Ing., 1983, **6**.
15. Soteras, E. y otros. *Isotermas de adsorción y desorción de agua en leche en polvo II: Leche entera*. 1, San Luis: Avances en Ciencias e Ingeniería, 2014, **5**. 07188706.
16. Gil, J. y otros. *Isotermas de adsorción y desorción de agua en leche descremada en polvo*. 1, La Serena: Avances en Ciencias e Ingeniería, 2013, **4**. 07188706.
17. Basso, M., Cerrella, E. y Cukierman, A. *Tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados mediante carbones activados obtenidos de un precursor renovable*. Buenos Aires: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 2001, **5**. 03295184.
18. Olivarez, N. y Guevara, R. *Estudio de la cinética de adsorción y desorción de mercurio en sistema BATCH y su remoción en columnas empacadas con quitosano*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería, 2016.
19. Pastrana, L. *Estudio del proceso adsorción-desorción del herbicida fluroxypyr por materiales de carbón: efecto del pH, de la temperatura, de la dureza del agua y de la presencia de material orgánica natural*. Jaén: Universidad de Jaén, 2010. 9788484395546.
20. Mauro, L. *Estudio de los procesos de adsorción-desorción de los metales Cu, Mn, Pb y Zn en la cuenca del río Maipo*. Santiago: Universidad de Chile, 2014.
21. Fernández-Sanjurjo, M. y otros. *Adsorción y desorción de Cr(IV) en serrín de pino y cenizas de combustión de biomasa de roble*. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela, 2014.

22. Florez, L., Higuera, O. y Arroyave, J. *Estudio de la biosorción de cromo con hoja de café*. 2, Pereira : Ingeniería e Investigación, 2009, **29**.
23. Cruz-Guzmán, M. y otros. *Adsorción-desorción de los metales pesados Pb (II) Y Hg (II) por modelos de partículas coloidales del suelo*. Sevilla: CSIC, 2002.
24. Doménech, X. *Química ambiental*. Madrid: Miraguano S.A. Editores, 2000.
25. Jiménez, F. *El ciclo hidrológico y el hombre: hacia un uso sostenible del agua*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1994.
26. Ramalho, R. *Tratamiento de aguas residuales*. Quebec: REVERTE, 2009. 9788429192070.
27. Ministerio del Ambiente. *Guía informativa: Manejo de residuos de construcción y demolición*. Lima: Q&P IMPRESIONES S.R.L., 2016. 201606203.
28. Timmermann, E. *Termodinámica de isotermas de sorción*. Buenos Aires : QFII, 2003.
29. Universidad Nacional Autónoma de México. *Unidad 3. Fenómenos de superficie. Adsorción*. México D.F.: FQUIM, 2012.
30. Pinedo, R. *Impactos ambientales generados por la curtiembre D-Leyse, en el distrito de El Porvenir, Provincia Trujillo, Región La Libertad*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2012.
31. Ortiz, N. *Recuperación y reutilización de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido de curtiembres en San Benito (Bogotá), mediante un proceso sostenible y viable tecnológicamente*. Manizales: Universidad de Manizales, 2013.
32. Méndez, F. *Los procesos industriales y el medio ambiente*. Ibagué : León Gráficas, 2011. 9789587540147.
33. Arroyo, J. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Huancayo : Fundación para el Desarrollo y Aplicación de las Ciencias, 2012.
34. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill: México D.F., 2006. 9701057538.
35. Verdugo, J. *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2017.

36. Allahdin, O. *Elimination (par adsorption sur la brique activée) de polluants métalliques dans les eaux de la République Centrafricaine et les pays en voie de développement- Aspects texturaux, physico-chimiques (électro)cinétiques et thermodynamiques*. Lille: L'Universite-Lille1 Sciences et Technologies, 2014.
37. Presidencia de la República. *D.S. N° 003-2002-PRODUCE*. Lima: Ministerio de la Producción, 2002.
38. Universidad de Alcalá. *Métodos de análisis de datos en ecología*. Alcalá: Licenciaturas de Biología y Ciencias Ambientales, 2005.
39. Triola, M. *Estadístico*. México D.F.: Pearson Education, 2009. 9789702612872.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es la capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017?</p> <p>¿Cuál es la capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Determinar la capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017.</p> <p>Determinar la capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017.</p>	<p>Hipótesis de investigación:</p> <p>H1: El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es más del 75%.</p> <p>Hipótesis nula:</p> <p>H0: El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menos del 75 %.</p> <p>Hipótesis alternativa:</p> <p>Ha El porcentaje de recuperación de los residuos utilizados como adsorbentes aplicados en la remoción de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es más del 50 %.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>H₁OE₁: La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75 %.</p> <p>H₀OE₁: La capacidad de recuperación de la cáscara de la mandarina utilizada como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menor del 75%.</p> <p>H₁OE₂: La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es mayor o igual del 75%.</p> <p>H₀OE₂: La capacidad de recuperación del ladrillo utilizado como adsorbente de cromo presente en las aguas residuales generadas en las actividades de curtiembre, Huancayo, 2017 es menor del 75%.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Desorción y readsorción del cromo.</p> <p>Variable independiente:</p> <p>Recuperación de los residuos adsorbentes.</p>	<p>Método general:</p> <p>Análítico – sintético.</p> <p>Método específico:</p> <p>Observacional – experimental.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Exploratorio.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Pre-experimental, transversal.</p> <p>Población:</p> <p>10 adsorbentes; efluente de curtiembre.</p> <p>Muestra:</p> <p>3 muestras de cada residuo; muestras independientes de curtiembre.</p> <p>Técnicas de recolección de datos:</p> <p>Observación.</p>

Anexo 02. Certificado de acreditación del laboratorio utilizado para el análisis de muestras.

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

V&S LAB E.I.R.L.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Pasaje Manuel Gonzales Prada Nro. 108, urbanización Chacarilla de Otero, distrito de San Juan de Lurigancho, departamento de Lima.

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la renovación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-17F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 13 de julio de 2017
Fecha de Vencimiento: 12 de julio de 2021


JULIANA HIDALGO MURRIETA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL



Cedula N° : 0348-2017-INACAL/DA
Contrato N° : 022-2017/INACAL-DA
Registro N° : LE- 081

Fecha de emisión: 16 de agosto de 2017

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-act-01P-02M Ver. 02

Anexo 03. Informe de ensayo respecto del análisis de las muestras de curtiembre (antes y después de aplicar los adsorbentes).



INFORME DE ENSAYO N° 0214-209-EH

Página 1 de 2

Solicitante : Leticia Leiva Arauco.
Dirección : Universidad Continental S.A.C Av. San Carlos 1980.
Atención: : Leticia Leiva Arauco.
Muestreo realizado por : Leticia Leiva Arauco / Liset Rojas Condeña
Fecha de muestreo : 15/02/18
Procedencia : Huancayo.
Proyecto : Investigación – Tesis.
Referencia : Cotización N° 92-2018
Tipo de muestra : Envases de vidrio sellados herméticamente.
Ensayos realizados :

Análisis	Método
Cromo total	APHA, AWWA, WEF, 22th Ed 2012/3500-Cr, Colorimetric Method.

Emitido en San Juan de Lurigancho, 27 de febrero de 2018.



Ana Belén Sinche Jimenez
Área Administrativa

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización por V&S LAB E.I.R.Ltda.
Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
El presente informe solo es válido para la(s) muestra(s) de referencia.
Los resultados de los ensayos obtenidos de este informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Las muestras serán guardadas teniendo en cuenta las condiciones y tiempo de almacenamiento descrito en los métodos estandarizados de la EPA.
Toda corrección física al Informe de Ensayo luego de haber sido emitido, se realizará un documento adicional al informe donde llevará el nombre de "Suplemento al informe de Ensayo N° ...".



INFORME DE ENSAYO N° 0214-209-EH

Página 2 de 2

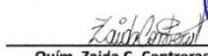
Primer ensayo:

Código de laboratorio	01	02	03
Código de muestra	MC-LL-01	MC-LL-02	MC-LL-03
Tipo de muestra	Agua de curtiembre		
Fecha y hora	26/02/18 8:30 am		
Resultados (mg/l)	97	151	237

Segundo ensayo:

Código de laboratorio	04	05	06	07	08	09
Código de muestra	MC-LL-04-M	MC-LL-05-M	MC-LL-06-M	MC-LL-07-L	MC-LL-08-L	MC-LL-09-L
Tipo de muestra	Agua de curtiembre					
Fecha y hora	26/02/18 10:30 am					
Resultados (mg/l)	3.077	3.782	4.285	2.988	3.428	3.854

Emitido en San Juan de Lurigancho, 27 de febrero de 2018.


Quím. Zaida C. Contreras Pacheco
CQP 1162
Jefe de Laboratorio



El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización por V&S LAB E.I.R.Ltda.
Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
El presente informe solo es válido para la(s) muestra(s) de referencia.
Los resultados de los ensayos obtenidos de este informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Las muestras serán guardadas teniendo en cuenta las condiciones y tiempo de almacenamiento descrito en los métodos estandarizados de la EPA.
Toda corrección física al Informe de Ensayo luego de haber sido emitido, se realizará un documento adicional al informe donde llevará el nombre de "Suplemento al Informe de Ensayo N°...".

V&S LAB E.I.R.Ltda. Pl. Manuel González Prada N°185. Urb. Chacarilla de Oturo-San Juan de Lurigancho. Teléfono: (01-1) 376-5156 Pg-020-05 / Ver. 05

Anexo 04. Conformidad de uso de laboratorios de la Universidad Continental.



“AÑO DEL DIÁLOGO Y RECONCILIACIÓN NACIONAL”

Solicito: Conformidad de uso de laboratorios de la Universidad Continental con fines de investigación.

Ing. Guillermo Jaramillo Cabrera
Jefe Corporativo de Laboratorios de Cómputo e Ingeniería
Universidad Continental

Es grato dirigirme a su persona para saludarlo cordialmente y exponerle le siguiente:

Con la finalidad de sostener la validez respecto del análisis de las muestras correspondientes a la investigación realizada por mi persona, como Tesis de grado titulada **“VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS UTILIZADOS COMO ADSORBENTES DEL CROMO PRESENTE EN LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA ACTIVIDAD DE CURTIEMBRE MEDIANTE EL PROCESO DE DESORCIÓN EN EL AÑO 2017”**, le solicito dar el visto bueno a la presente como evidencia objetiva de su parte que daría soporte adecuado a la validez mencionada.

Desde ya quedo agradecida por el tiempo concedido, como evidencias de la finalización de mi investigación se adjunta un ejemplar del informe de conformidad por parte de mi Asesor: Ing. CIP Roly Jaime Nuñez Nuñez.

28 de Febrero de 2018

Atte.

Bach. Leticia Leiva Arauco

DNI 72624642

Bach. Leticia Leiva Investigadora	Ing. Cip Roly Nuñez Asesor de Tesis	Ing. Guillermo Jaramillo Jefe de Laboratorios

Anexo 05. Instrumento de recolección de datos N° 01.



CADENA DE CUSTODIA 0214 - 209 - EH

M-F-001
Ver. 01

DATOS DEL CLIENTE		ANÁLISIS REQUERIDOS																																																																																																																																													
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL CLIENTE		<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; text-align: center;"> <tr><td>PH</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										PH												PH												PH												PH												PH												PH												PH												PH												PH												PH												PH											
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
PH																																																																																																																																															
CONTACTO																																																																																																																																															
ORDEN DE SERVICIO N°																																																																																																																																															
COTIZACIÓN N°																																																																																																																																															
EMPRESA / NOMBRE DEL PROYECTO																																																																																																																																															
LUGAR DE MUESTREO																																																																																																																																															
COTIZACIÓN N° <u>VYS-C-92-2018</u>																																																																																																																																															
EMPRESA / NOMBRE DEL PROYECTO <u>Tesis - Investigación - Curtiembre cromo total</u>																																																																																																																																															
LUGAR DE MUESTREO <u>Huancayo, Junín.</u>																																																																																																																																															
ITEM	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	INICIO DEL MUESTREO		TERMINO DEL MUESTREO		TIPO DE MUESTRA (*)	COORDENADAS UTM			NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR PUNTO DE MUESTREO																																																																																																																																				
			FECHA (dd/mm/aa)	HORA (HH:MM)	FECHA (dd/mm/aa)	HORA (HH:MM)		NORTE	ESTE	ALTITUD																																																																																																																																					
	MC-LL-01		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
	MC-LL-02		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
	MC-LL-03		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
	MC-LL-04-H		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
	MC-LL-05-H		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
	MC-LL-06-H		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
	MC-LL-07-H		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
	MC-LL-08-L		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
	MC-LL-09-L		15/02/18	14:00	15/02/18	14:30					01																																																																																																																																				
<p>OBSERVACIONES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">INGRESOS</th> </tr> <tr> <th>CANTIDAD</th> <th>TIPO (%)</th> <th>VOLUMEN (LITROS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>(*) CALIDAD DE AGUA: (AR-BUP) AGUAS NATURALES SUPERFICIALES: RIO, LAGO, LAGUNA, LLANURA; (AR-BUB) AGUAS NATURALES SUBTERRÁNEAS: MANANTIAL, FONTEO, POZO; (AR-UBO) AGUAS RESERVALES DOMÉSTICAS; (AR-WB) AGUAS RESERVALES INDUSTRIALES; (AR-M) AGUAS PARA USO Y CONSUMO HUMANO: POTABLE (P), DEMESA (M), ENCHUFA (E), FICOMA (F); LAGUNA ARTIFICIAL (LA); (AB) AGUAS SALINAS: MAR DE, SALINEROS (S), SALMUERA (SALM); CALIDAD DE AIRE: FILTROS EN CALIDAD DE AIRE (FCA, FTA) ALTO VOLUMEN, PM-10 ALTO VOLUMEN, PM-10 BAJO VOLUMEN, PM-2.5 ALTO VOLUMEN, PM-2.5 BAJO VOLUMEN, VOCA, ETC.; SOLUCIONES CAPTADORAS (PCC, HCC, CCL, HCL, CCL); EMISIONES ATMOSFERICAS: FILTROS EN EMISIONES ATMOSFERICAS (PECO INICIAL Y FINAL DE FILTRO GEDAL); MUESTRA SOLIDA (M.S.): (SUS) Sólido, (L.S) Líquido, (S.E) Sedimentos; LABORES RECUPERACIONES DE S.L. (P.R.) Polvos Recuperados, (P.A.) Polvos Inhalables, (P.M.) Polvos Metálicos, otros.</p>												INGRESOS			CANTIDAD	TIPO (%)	VOLUMEN (LITROS)																																																																																																																														
INGRESOS																																																																																																																																															
CANTIDAD	TIPO (%)	VOLUMEN (LITROS)																																																																																																																																													
<p>MUESTREO REALIZADO POR:</p> <p>CLIENTE: <input checked="" type="checkbox"/> V&S LAB <input type="checkbox"/></p> <p>NOMBRE: <u>Leticia Leiva Arauco</u></p>			<p>SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE:</p> <p>NOMBRE: <u>Jan Carlos Hurtado Yaresco</u></p> <p>CARGO: <u>Rep. Controlador de Ambiente</u></p>						<p>LABORATORIO - MUESTREO RECONOCIDAS POR:</p> <p>NOMBRE: <u>V&S</u></p> <p>SELLO DE SEGURIDAD: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/></p> <p><u>V&S CIP18873</u> FECHA: <u>26, 02, 18</u></p> <p>HORA: <u>8:00am</u></p>																																																																																																																																						

Anexo 06. Instrumento de recolección de datos N° 02.



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS - LISTA DE COTEJO N°2
“Cotejo de las condiciones de adsorción/desorción de cromo
(Mandarina/Ladrillo)”

Tesista: Bach. Leticia Leiva Arauco

Fecha: febrero/18

Objetivo: Determinar las condiciones, consideraciones y/u observaciones respecto de la experimentación a nivel de laboratorio acorde al análisis de adsorción/desorción equivalente a la presente investigación.

Detalle del laboratorio: V°B° Jefe corporativo de laboratorio

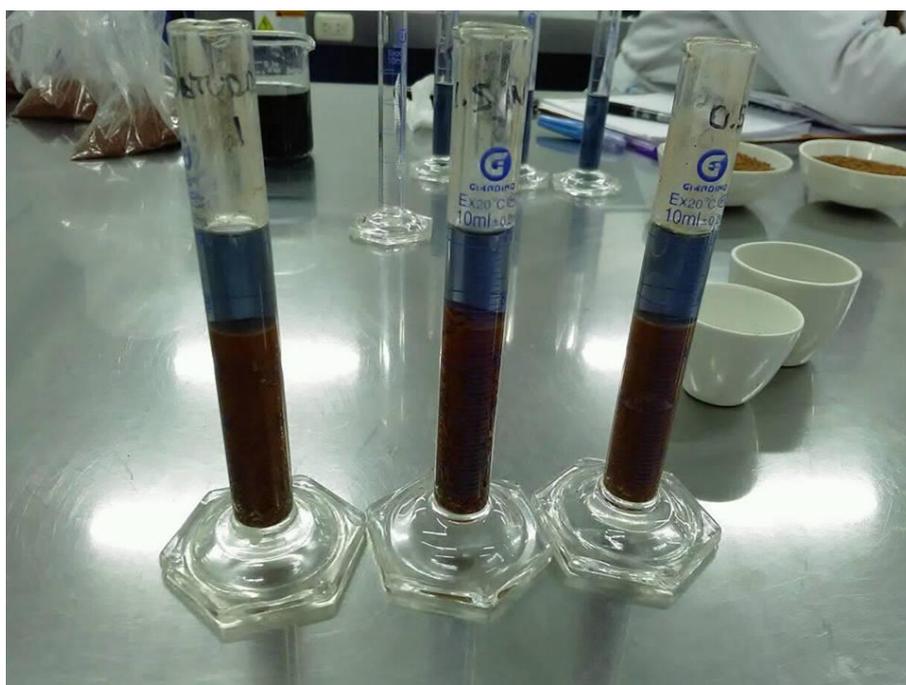
Equivalente a las muestras	CONSIDERACIONES / OBSERVACIONES
MC-LL-04-M	ph=4 200 rpm / 30min tamaño de partícula = 0,5 mm
MC-LL-05-M	ph=4 200 rpm / 30 min tamaño de partícula = 0,5mm
MC-LL-06-M	ph=4 200 rpm / 30 min tamaño de partícula = 0,5mm
MC-LL-07-L	ph=4 200 rpm / 30min tamaño de partícula = 0,5 mm
MC-LL-08-L	Ph=4 200 rpm / 30 min tamaño de partícula = 1,0 mm (1,0)
MC-LL-09-L	ph=4 200 rpm / 30 min tamaño de partícula = 1,5 mm (1,5)

Fuente: elaboración propia.

Anexo 07. Fotografías complementarias del uso del laboratorio de Ciencias Básicas.



Equipo de centrifugado



Muestras del adsorbente inorgánico a distintos tamaños de partícula.



Muestras de curtiembre



Utilización del horno para el secado de las muestras del adsorbente orgánico.



Muestras del adsorbente orgánico (mandarina) listas para su desecado.



Estandarización del tamaño de partícula de 0.5 mm.