

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



REMOCIÓN DE CROMO Y ARSÉNICO DEL AGUA
RESIDUAL SINTÉTICA MEDIANTE LA ADSORCIÓN
CON CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE
CÁSCARA DE PIÑA "*Ananas comosus*"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

NOMBRES Y APELLIDOS DE LOS AUTORES:
BACH.TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES
BACH. DIEGO ANTONIO GAMARRA QUISPE

ASESOR:
Ms. C. MARÍA TERESA VALDERRAMA

Callao, 2024
PERÚ

1A_ALVARADO ROSALES; Tania Estefania_GAMARRA QUISPE; Diego Antonio_IF TESIS.



Nombre del documento: 1A_ALVARADO ROSALES; Tania Estefania_GAMARRA QUISPE; Diego Antonio_IF TESIS..pdf ID del documento: 54b778a19c20838fa37d78e05bdf43e9bc6a0a9b Tamaño del documento original: 3,58 MB	Depositante: FIARN PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION Fecha de depósito: 18/3/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 18/3/2024	Número de palabras: 25.506 Número de caracteres: 173.962
---	--	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.produccion-animal.com.ar 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (145 palabras)
2	scielo.org.co Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materia... 11 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (141 palabras)
3	idoc.pub Elaboración De Carbón Activado A Partir De Cáscaras De Coco (cocos Nu... 10 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (121 palabras)
4	repositorio.uncp.edu.pe 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (128 palabras)
5	Documento de otro usuario #d2f895 El documento proviene de otro grupo 9 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (116 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	1library.co RECOMENDACIONES - TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL ... #0a5778	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
2	www.redalyc.org Propuesta del diseño de una línea de producción de carbón ac... #0a5778	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
3	repositorio.ug.edu.ec #0a5778	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	repositorio.unan.edu.ni #0a5778	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
5	repositorio.unfv.edu.pe #0a5778	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	1A_ALVARADO ROSALES; Tania Estefania_GAMARRA QUISPE; Diego Anto... #0a5778 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	100%		Palabras idénticas: 100% (25.508 palabras)
2	repositorio.unac.edu.pe #0a5778	2%		Palabras idénticas: 2% (465 palabras)
3	repositorio.umsa.bo #0a5778	1%		Palabras idénticas: 1% (289 palabras)
4	repositorio.undac.edu.pe #0a5778	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (253 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS
(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)
ANEXO 2



ACTA N° 002-2024 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 02 FOLIO N° 28 ACTA N° 002-2024 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

A los 20 días del mes de marzo del año 2024, siendo las 11:10 horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz : Presidente
Ms.C. María Antonieta Gutiérrez Díaz : Secretaria
Mtra. Janet Mamani Ramos : Vocal
Ms.C. María Teresa Valderrama Roja : Asesora

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres **Alvarado Rosales Tania Estefania** y **Gamarra Quispe Diego Antonio**, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, sustentan la tesis titulada **"REMOCIÓN DE CROMO Y ARSÉNICO DEL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA MEDIANTE LA ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA "Ananas comosus"**, cumpliendo con la sustentación en acto público.

Con el quórum reglamentario de ley, de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, y habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, se dio inicio al acto de sustentación de la tesis, de los bachilleres **Alvarado Rosales Tania Estefania** y **Gamarra Quispe Diego Antonio**, titulada: **"REMOCIÓN DE CROMO Y ARSÉNICO DEL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA MEDIANTE LA ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA "Ananas comosus"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.

Luego de la exposición, la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, el jurado acordó: Dar por **APROBADO** la presente tesis, con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **DIECISIETE (17)**, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio de 2023.

Se dio por cerrada la Sesión a las 12: 10 horas del miércoles 20 de marzo del año en curso.


.....
Dr. Miguel Ángel De La Cruz Cruz
Presidente de Jurado


.....
Ms.C. María Antonieta Gutiérrez Díaz
Secretaria de Jurado


.....
Mtra. Janet Mamani Ramos
Vocal de Jurado


.....
Ms.C. María Teresa Valderrama Rojas
Asesora

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR

PRESIDENTE: Dr. MIGUEL ÁNGEL DE LA CRUZ CRUZ

SECRETARIO: Ms. C. MARIA ANTONIETA GUTIÉRREZ DÍAZ

VOCAL: MTRA. JANET MAMANI RAMOS

SUPLENTE: ABNER JOSUÉ VIGO ROLDAN

ASESOR: Ms. C. MARÍA TERESA VALDERRAMA ROJAS

N° DE LIBRO: 02

N° DE FOLIO: 28

N° DE ACTA: 002-2024

FECHA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE
TESIS: 20 DE MARZO DE 2024

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza para seguir adelante.

A mis padres por su apoyo incondicional y amor.

A mi esposo e hijo quienes son mi soporte e inspiración para crecer profesionalmente.

También a mi abuela, que desde el cielo me cuidaba e iluminaba para continuar en mi etapa universitaria.

Tania Estefania Alvarado Rosales

A Dios por darme la fortaleza necesaria para cumplir con este objetivo importante en mi formación académica.

A mis padres y hermanos por ser el ejemplo y soporte en cada paso importante de mi vida.

A mi sobrina por ser mi impulso en los momentos más difíciles.

Diego Antonio Gamarra Quispe

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirnos y permitirnos avanzar con salud y fuerzas a lo largo de esta investigación.

A mis padres por todo su amor infinito, apoyo y sacrificio para culminar mis estudios universitarios.

A mi esposo e hijo por todo su amor bonito y motivarme constantemente para ser mejor persona y profesional.

A nuestra asesora, la Mg. Teresa Valderrama por su apoyo constante y paciencia para el desarrollo de la investigación.

A nuestra casa de estudios, la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao y a nuestros profesores por brindarnos los conocimientos necesarios para aplicarlos en el ámbito profesional.

Tania Estefania Alvarado Rosales

A Dios por cada momento de aprendizaje que nos ha permitido llegar a esta etapa importante de nuestra formación profesional.

A mis padres, quienes, a pesar de las dificultades, con su sacrificio, cariño, dedicación y paciencia me permitieron tener la oportunidad de estudiar esta carrera.

A mis hermanos, abuelos, tíos y resto de mi familia por ser mi respaldo incondicional en cada decisión, por sus consejos, apoyo, cariño y sobre todo por siempre creer en mí.

A la Mg. María Teresa Valderrama, nuestra asesora, por su disposición incondicional para guiarnos con su conocimiento, paciencia y experiencia durante la elaboración de esta investigación.

A la Universidad Nacional del Callao, a la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, a nuestros profesores quienes con su enseñanza nos ayudaron a formarnos como profesionales.

Diego Antonio Gamarra Quispe

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 Descripción de la realidad problemática	11
1.2 Formulación del problema	14
➤ Problema General	14
➤ Problema Específico	14
1.3 Objetivos de la investigación	14
➤ Objetivo General	14
➤ Objetivos Específicos	14
1.4 Limitantes de la investigación (teórica, temporal, espacial)	14
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de la investigación	16
2.1.1. Internacional	16
2.1.2. Nacional	18
2.2. Bases teóricas	22
2.3 Conceptual	30
2.4. Definición de términos básicos	35
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	37
3.1. Hipótesis (general y específicas)	37
3.1.1 Hipótesis General	37
3.1.2 Hipótesis Específicas	37
3.2. Definición conceptual de las variables	37
3.2.1 Operacionalización de variables:	38
3.3. Definición operacional de la variable	39
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	40
4.1. Tipo y diseño de la investigación.	40
4.1.1 Tipo de Investigación:	40
4.1.2. Diseño	40
4.2. Método de investigación.	43
4.2.1 Desarrollo de la investigación	44

4.3. Población y muestra	53
4.4. Lugar del estudio y periodo de desarrollo	53
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	54
V. RESULTADOS	57
5.1. Resultados descriptivos	57
5.1.1. Caracterización del material precursor	57
5.1.2. Caracterización del carbón activado con ácido fosfórico	59
5.1.3. Caracterización del carbón activado con cloruro férrico	61
5.1.4. Rendimiento del carbón activado	64
5.2. Resultados inferenciales	71
5.2.1. Remoción de cromo y arsénico	71
5.2.2. Masa de carbón activado para la máxima remoción de cromo y arsénico	74
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
6.1. Contrastación y demostración de las hipótesis con resultados	77
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	78
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	81
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	97
Anexo 1. Matriz de consistencia	97
Anexo 2. Ficha de recolección de datos I (registro)	98
Anexo 3. Ficha de recolección de datos II (Formato)	101
Anexo 4. Ficha de registro de resultados (Formato)	102
Anexo 5. Validación de instrumento	103
Anexo 6. Registro de resultados	107
Anexo 7. Registro fotográfico	109
Anexo 8. Informes de Ensayo N° 2208080 del Laboratorio Hidrolab acreditado por INACAL - Arsénico	115
Anexo 9. Informes de Ensayo N° 2208079 del Laboratorio Hidrolab acreditado por INACAL - Cromo	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Perfil bromatológico de la cáscara de piña	29
Tabla 2 Operacionalización de variables	38
Tabla 3. Dimensiones, Indicadores y Unidad de Variable Independiente	39
Tabla 4 Dimensiones, Indicadores y Unidad de Variable Dependiente	39
Tabla 5 Diseño de la Investigación de Carbón Activado con Ácido Fosfórico	41
Tabla 6. Diseño de la investigación de carbón activado con cloruro de hierro (III)	42
Tabla 7 Equipos de laboratorio	55
Tabla 8. Reactivos	55
Tabla 9 Resultados del cálculo de densidad aparente del precursor	57
Tabla 10 Resultados del cálculo de porcentaje de humedad del precursor.....	57
Tabla 11 Resultados del cálculo de porcentaje de material volátil del precursor “Ananas comusus”	57
Tabla 12 Resultados del cálculo de porcentaje de porcentaje de ceniza del precursor	58
Tabla 13 Resultados del cálculo de porcentaje de carbono fijo del precursor .	58
Tabla 14 Estadística descriptiva de los resultados de la caracterización del precursor	58
Tabla 15 Resultados del cálculo de rendimiento del carbón activado	59
Tabla 16 Resultados del cálculo de la densidad aparente del carbón activado	59
Tabla 17 Resultados del pH medido del carbón activado.....	59
Tabla 18 Resultados del cálculo del porcentaje de humedad del carbón activado	60
Tabla 19 Resultados del cálculo del porcentaje de material volátil del carbón activado.....	60
Tabla 20 Resultados del cálculo del porcentaje de ceniza del carbón activado	60
Tabla 21 Resultados del cálculo de carbono fijo del carbón activado.....	61
Tabla 22 Estadística descriptiva de los resultados de la caracterización del carbón activado con ácido fosfórico	61
Tabla 23 Resultados del cálculo de rendimiento del carbón activado	62
Tabla 24 Resultados del cálculo de la densidad aparente del carbón activado	62
Tabla 25 Resultados del pH medido del carbón activado.....	62
Tabla 26 Resultados del cálculo del porcentaje de humedad del carbón activado	62
Tabla 27 Resultados del cálculo del porcentaje de material volátil del carbón activado.....	63
Tabla 28 Resultados del cálculo del porcentaje de ceniza del carbón activado	63

Tabla 29	Resultados del cálculo de carbono fijo del carbón activado.....	63
Tabla 30	Estadística descriptiva de los resultados de la caracterización del carbón activado con cloruro férrico	64
Tabla 31	Resultados del análisis en laboratorio de la muestra en blanco	64
Tabla 32	Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 1 para cromo	65
Tabla 33	Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 2 para cromo	65
Tabla 34	Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 3 para cromo	65
Tabla 35	Resultados del análisis en laboratorio de la muestra en blanco	65
Tabla 36	Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 1 para arsénico	66
Tabla 37	Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 2 para arsénico	66
Tabla 38	Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 3 para arsénico	66
Tabla 39	Resumen de los resultados del análisis en laboratorio de las muestras con Cr	67
Tabla 40	Resumen de los resultados del análisis en laboratorio de las muestras con As	67
Tabla 41	Estadística descriptiva de los resultados de laboratorio (concentración final de Cr) para cada masa de carbón activado	68
Tabla 42	Estadística descriptiva de los resultados de laboratorio (concentración final de As) para cada masa de carbón activado	69
Tabla 43	Resultados del cálculo del porcentaje de remoción de cromo	69
Tabla 44	Resultados del cálculo del porcentaje de remoción de arsénico	69
Tabla 45	Estadística descriptiva del % de remoción de Cr en el agua residual sintética	71
Tabla 46	Estadística descriptiva del % de remoción de As en el agua residual sintética	71
Tabla 47	Concentración inicial y final de las muestras con Cr.....	72
Tabla 48	Concentración inicial y final de las muestras con As	72
Tabla 49	Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de remoción de cromo	74
Tabla 50	Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de remoción de arsénico	74
Tabla 51	Método Tukey para una confianza del 95% aplicado a los porcentajes de remoción de cromo	75
Tabla 52	Método Tukey para una confianza del 95% aplicado a los porcentajes de remoción de arsénico	76
Tabla 53	Caracterización de la cascara de piña usada para la producción de carbón activado.....	79
Tabla 54	Caracterización de algunos precursores usados para la producción de carbón activado.....	79
Tabla 55	Porcentaje de Remoción de distintos carbones activados.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño de Estudio	43
Figura 2 Lugar del desarrollo de la investigación	53
Figura 3 Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.....	53
Figura 4 Lugar de recolección de cáscara de piña.....	56
Figura 5 Concentración de Cr respecto a la masa de carbón activado	67
Figura 6 Concentración de As respecto a la masa de carbón activado.....	68
Figura 7 Variación del porcentaje de remoción de Cr respecto a la masa de carbón activado.....	70
Figura 8 Variación del porcentaje de remoción de As respecto a la masa de carbón activado.....	70
Figura 9 Variación de la concentración de Cr y As respecto a la masa de carbón activado.....	72
Figura 10 Variación del porcentaje de remoción de Cr y As respecto a la masa de carbón activado.....	73
Figura 11 Recolección y acondicionamiento de material precursor	109
Figura 12 Caracterización de material precursor.....	110
Figura 13 Activación con ácido fosfórico – parte 1	110
Figura 14 Activación con ácido fosfórico – parte 2	111
Figura 15	111
Figura 16 Activación con cloruro de hierro – parte 2	112
Figura 17 Caracterización de carbón activado	112
Figura 18 Remoción de Cromo	113
Figura 19 Remoción de arsénico.....	114

RESUMEN

En la actualidad existen diversas actividades productivas generando efluentes que contaminan los diferentes cuerpos de agua, por esta razón, es de utilidad para las empresas encontrar alternativas para la remoción de contaminantes de sus aguas residuales, entre estos contaminantes se encuentran el cromo y arsénico, por ello, el objetivo de la presente investigación es determinar la cantidad removida de cromo y arsénico de agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña *Ananas comosus*.

Según indica Hernández, Fernández & Baptista (2014), esta investigación tiene un diseño experimental, para la cual se emplearon 10 alícuotas de 500 ml de agua residual sintética con cromo a una concentración de 2.5 mg/L y 10 alícuotas de 500 ml con arsénico a una concentración de 1.5 mg/L.

El carbón activado de cascara de piña logró una remoción del 78.181% del cromo para el tratamiento con 1.5 g de carbón activado y una remoción del 87.298% de concentración del arsénico para el tratamiento con 0.5 g de carbón activado.

La masa óptima de carbón activado de cascara de piña para la adsorción de cromo y arsénico en agua residual es 1.5 g logrando un porcentaje de remoción de 71.51% y 0.5 g obteniendo un porcentaje promedio de remoción de 77.06% respectivamente.

La concentración final de arsénico en el agua residual sintética cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) según el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, en el caso del cromo excede estos valores por lo que debería complementarse con otros sistemas de tratamiento de efluentes.

Palabras claves: Carbón activado, remoción de cromo, remoción de arsénico, cáscara de piña, adsorción

ABSTRACT

At present there are several productive activities generating effluents that pollute the different bodies of water, for this reason, it is useful for companies to find alternatives for the removal of pollutants from their wastewater, among these contaminants are chromium and arsenic, therefore, the objective of this research is to determine the amount removed of chromium and arsenic from synthetic wastewater by adsorption with activated charcoal obtained from pineapple peel *Ananas comosus*.

According to Hernández, Fernández & Baptista (2014), this research follows an experimental design, for which 10 aliquots of 500 ml of synthetic wastewater with a chromium concentration of 2.5 mg/L and 10 aliquots of 500 ml with an arsenic concentration of 1.5 mg/L were employed.

Activated carbon from pineapple peel achieved a removal of 78.181% for chromium with a treatment of 1.5 g of activated carbon and a removal of 87.298% for arsenic with a treatment of 0.5 g of activated carbon.

The optimal mass of activated carbon from pineapple peel for the adsorption of chromium and arsenic in wastewater is 1.5 g, achieving a removal percentage of 71.51% for chromium and 0.5 g, obtaining an average removal percentage of 77.06% for arsenic, respectively.

The final concentration of arsenic in synthetic wastewater complies with the Maximum Permissible Values (MPV) according to Decreto Supremo No. 010-2019-VIVIENDA, while in the case of chromium, it exceeds these values, suggesting the need for additional effluent treatment systems.

Key words: Activated carbon, chromium removal, arsenic removal, pineapple peel, adsorption

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados y metaloides son los contaminantes más perjudiciales para el medio ambiente que se pueden encontrar en los efluentes industriales. Según Reyes et al. (2016), se caracterizan por ser estables y persistentes en el medio ambiente, no pudiendo ser degradados, generando de esta manera, alta toxicidad a bajas concentraciones.

De todos los metales presentes en los efluentes industriales, Quispe (2017) indica que el cromo proviene principalmente de la elaboración de pigmentos y factorías de textiles, CYTED (2008) y Cortazar et al. (2014) advierten que el arsénico puede provenir de actividades mineras, textiles, la industria fundidora y el uso de pesticidas. M. Sekar et al. (2004), señala que se pone en riesgo la salud humana con el incremento de los niveles de contaminación producidos por la presencia de los metales pesados contenidos en los efluentes industriales.

Según Tejada et al. (2015), se han aplicado diversas tecnologías convencionales para la descontaminación del agua por metales como: precipitación, oxidación, reducción, intercambio iónico, filtración, entre otras, sin embargo, son costosas e ineficientes cuando su concentración es baja.

Siendo necesario ofrecer otras alternativas con técnicas de bajo costo como la adsorción mediante carbón activado, proceso que utiliza diversas fuentes de biomasa. Ungureanu (2015), afirma que el carbón activado es el adsorbente comercial más utilizado en la purificación de agua y en el tratamiento terciario de aguas residuales debido a su porosidad altamente desarrollada y el alto grado de reactividad superficial, que se puede obtener dependiendo de la fuente de biomasa y las condiciones de carbonización y activación que se le dé.

Los residuos agroindustriales, son fuentes de biomasa generados a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización (Saval, 2012, citado en Moreno y Mendoza, 2019). Según Anaya (1998) mencionado en Quesada et al. (2005), en el caso de la piña, sus residuos constituyen hasta el 65% de la fruta, habiéndose realizado diversos estudios para aprovechar su biomasa rica en polímeros de celulosa y hemicelulosa, Sánchez (2010) precisa que representa entre el 75 al 80% de toda la biomasa desechada de la piña, obteniéndose celulosa (Antonio et al., 2010), alimentos para animales (Alpízar y Elizondo, 2018), bioetanol (Corella, 2013), fibras dietéticas (Mayorga, 2013), edulcorantes (Ramírez et al., 2012), fibras textiles (Moreno y Mendoza, 2019), carbón activado (Urrutia, 2020), entre otros.

En la presente investigación se estudió la opción de remover del agua residual sintética metales y metaloides como el cromo y arsénico, respectivamente, mediante el proceso de adsorción con carbón activado

aprovechando la cáscara de piña *Ananas comosus*, empleando diferentes cantidades de carbón activado para determinar cuál tendrá mayor adsorción de cromo y arsénico.

La investigación presenta en el capítulo I: Planteamiento del problema, la descripción de la realidad problemática referida a la contaminación ambiental por metales y metaloides como el cromo y arsénico contenidos en los vertimientos generados por las diversas actividades productivas, entre ellas la industria textil; la formulación del problema establece determinar la cantidad removida de cromo y arsénico del agua residual sintética mediante adsorción con carbón activado. En el capítulo II: Marco teórico presenta los antecedentes de la investigación, relacionados al uso de diversos residuos industriales para la elaboración de carbón activado que permite la remoción de metales y metaloides; se incluyen las bases teóricas relacionadas a la adsorción de metales pesados y metaloides con carbón activado, la obtención de carbón activado a través de biomasa lignocelulósica, la composición y propiedades de la cáscara de piña, los constructos sobre contaminación de aguas por metales pesados, agua residual sintética, adsorción, carbón activado y cascara de piña y la definición de términos que permitirán un mejor entendimiento. En el capítulo III: Hipótesis y Variables, se plantean las hipótesis y la definición conceptual y operacionalización de las variables. El capítulo IV: Diseño Metodológico, sustenta el diseño experimental, se describen las etapas del experimento, técnicas, instrumentos, el análisis y procesamiento de datos. En el capítulo V: se presentan los resultados, detallando los resultados descripción e inferenciales. El capítulo VI: se presentan la discusión de resultados. Finalizando con las conclusiones y recomendaciones.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En la actualidad, convivimos con diversos problemas ambientales en nuestro planeta, entre ellos la contaminación ambiental. Se conoce que la contaminación de los ecosistemas acuáticos por los metales es uno de los problemas de contaminación más difíciles de controlar debido a la toxicidad, a su abundancia, su persistencia y debido a la bioacumulación de los metales en los tejidos de los organismos acuáticos, Jara-Peña, E. et al. (2017). Según Litter (2004), actualmente la presencia de metales y metaloides es uno de los problemas de contaminación ambiental más importante, dado que las actividades del ser humano introducen grandes cantidades de metales pesados en el medio ambiente. Especies metálicas como el cromo, el mercurio, el cobre, el níquel y el cadmio, además del arsénico (estrictamente un metaloide), forman parte de la lista de los principales contaminantes de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.

Castro (2016) señala que, en el Perú existe una variedad de actividades productivas, extractivas y de servicios que actúan de manera formal, sin embargo, también existen actividades informales cuyos vertimientos de agentes contaminantes y desechos deterioran la calidad de los recursos hídricos. Es así como vertimientos formales e informales, pasivos ambientales y otros focos de contaminación vierten al ambiente elementos tóxicos como los metales pesados. Cayetano (2019) menciona que, en un estudio del Banco Mundial sobre el Perú en el 2014, se reportó que casi el 50 % de los recursos hídricos del país no están cumpliendo con los estándares de calidad de agua de las categorías de uso para el consumo humano, riego o preservación de los ecosistemas acuáticos.

Brañez, et al. (2018), indican que, por ejemplo, la industria textil tiene como uno de sus principales impactos ambientales la descarga de aguas residuales con alta carga contaminante en los cuerpos de agua. Según Vallejo, Lizarralde, & Blásquez (2000), las principales causas del alarmante aumento de contaminación en las aguas residuales durante el proceso textil, es que pueden presentar productos tóxicos como colorantes, humectantes, blanqueadores ópticos, detergentes, oxidantes, metales y productos organohalogenados. Pudiéndose encontrar en sus efluentes metales y metaloides como: arsénico, cadmio, cromo, cobalto, cobre, manganeso, mercurio, níquel, plata, titanio, zinc, estaño y plomo. Estas aguas residuales deberían pasar por un tratamiento de remoción de

metales y metaloides para mitigar la contaminación que causan al llegar a los cuerpos de agua.

En el 2018, la OMS señaló que el arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. Cayetano (2018), indica que, en su forma inorgánica, es soluble y altamente tóxico, las variaciones que causan en los organismos pueden tardar años en aparecer, estando relacionado al nivel de exposición; los efectos tóxicos son la generación de lesiones cutáneas, neuropatía periférica, síntomas gastrointestinales, diabetes, problemas renales, enfermedades cardiovasculares y cáncer.

Según Aguilar, Cordovez & Molina (2010) indican que en el caso de contaminación de aguas con cromo; la mayor parte de las veces, este metal se va al fondo y sólo una pequeña parte se diluye en el agua. El cromo (VI) es un peligro para la salud de los humanos, sobre todo para los trabajadores de la industria del acero y textil. El cromo (VI) es conocido porque ocasiona varios efectos sobre la salud, entre ellos, erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, debilita al sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón y muerte.

De acuerdo con Aylas, et al. (2014), entre los procesos aplicados al tratamiento del agua están: precipitación, ósmosis reversa, reacciones de oxidación avanzada, intercambio iónico, adsorción, entre otros. Siendo el proceso de adsorción para la remoción de contaminantes el más recomendado por su versatilidad y bajo costo. Alverino, et, al. (2013), señalan que los procesos de adsorción, por medio de carbones activados, son muy usados para la remoción de contaminantes de las aguas residuales o en la purificación de agua utilizada en los procesos industriales. Los carbones activados se pueden conseguir a partir de muchos precursores. La demanda creciente de estos absorbentes ha motivado la búsqueda de nuevas fuentes de materias primas, que aseguren su disponibilidad y sean de bajo costo, centrándose la atención especialmente en materiales reaprovechables. En ese sentido, varios residuos agroindustriales, tales como cáscara de nueces, carozos de frutas, bagazo de caña de azúcar y cortezas de algunas especies de crecimiento rápido, han sido recientemente investigados como posibles precursores mediante diferentes técnicas de activación. Según lo indicado por Garcés, Tejada y Villabona (2015), la aplicación de materiales de bajo costo obtenidos a partir de diferentes biomásas provenientes de la flora microbiana, algas y residuos agroindustriales ha sido investigada para

reemplazar el uso de métodos convencionales en la remoción de contaminantes, tales como los metales.

Según lo mencionado por Garcés, Tejada y Villabona (2015), el uso de la adsorción en la remoción de contaminantes como metales y metaloides en solución acuosa mediante el uso de biomasa residual es aplicable a los procesos de descontaminación evitando problemas subsecuentes como la generación de lodos químicos, y generando un uso alternativo a materiales agroindustriales considerados como desechos, además estos materiales son de bajo costo y fácil adquisición. Sin embargo, a pesar de las ventajas que presenta este método de remoción de metales y metaloides, se encuentra aún en su etapa de investigación y no se le ha transferido conocimiento tecnológico, por esta razón en la actualidad no ha sido implementado a nivel industrial.

Según indica Litter (2004), dado que los metales poseen tiempo de vida infinitos, no se biodegradan fácilmente y los métodos químicos o biológicos para su remoción generalmente presentan severas restricciones por su alto costo. Como se ha mencionado existe varios métodos para el tratamiento del agua, por ello Cerino, Reyes y Suarez (2006) indican que, si bien existen varios métodos para la remoción de metales de efluentes industriales, la mayoría crean otro problema ambiental o son pocos rentables. Aylas, Obregón, Paredes, Pinedo, & Sun (2014), mencionan que el carbón activado para la remoción de contaminantes es el adsorbente más usado en la industria; tradicionalmente se obtiene a partir del carbón mineral, el cual es un recurso no renovable; lo cual causa que se incremente el precio. Los materiales lignocelulósicos (residuos agrícolas) son una fuente renovable, abundante y económica para la preparación de carbones activados. Por ello se busca promover la remoción de metales como cromo y arsénico mediante el proceso de adsorción con carbón activado obtenido a partir de la cáscara de piña. Rafatullah et al., (2010) menciona respecto a los residuos que se generan de la piña, que la cáscara de piña pasaría directamente a formar toneladas de residuos sólidos causando problemas ambientales, sin embargo, este residuo podría ser transformado en materia prima para la obtención de subproductos. La conversión de residuos sólidos orgánicos en carbón activado agrega valor económico, ayuda a reducir el costo de la disposición de residuos y provee de una alternativa potencialmente menos costosa a los carbones activados comerciales para la remoción de metales como el cromo y arsénico.

1.2 Formulación del problema

➤ Problema General

¿Cuál será la cantidad removida de cromo y arsénico del agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña "*Ananas comosus*"?

➤ Problema Específico

¿Qué cantidad de carbón activado obtenido de cáscara de piña "*Ananas comosus*" tendrá mayor adsorción de cromo del agua residual sintética?

¿Qué cantidad de carbón activado obtenido de cáscara de piña "*Ananas comosus*" tendrá mayor adsorción de arsénico del agua residual sintética?

1.3 Objetivos de la investigación

➤ Objetivo General

Determinar la cantidad removida de cromo y arsénico del agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña "*Ananas comosus*".

➤ Objetivos Específicos

Evaluar la cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña "*Ananas comosus*" que tendrá mayor adsorción de cromo del agua residual sintética

Evaluar la cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña "*Ananas comosus*" que tendrá mayor adsorción de arsénico del agua residual sintética

1.4 Limitantes de la investigación (teórica, temporal, espacial)

1.4.1. Teórica:

Se desarrolló la base teórica referente al carbón activado obtenido a partir de las cáscaras de piña, ya que no se dispone de un gran número de

investigaciones sobre el uso de carbón activado a partir de la cáscara de piña para la remoción de metales ya que la mayoría de las investigaciones se centran en el uso de otros precursores para la obtención de carbón activado.

En caso se desee aplicar el método usado en esta investigación para la remoción de metales pesados con carbón activado de cáscara de piña en otras industrias, se deberán realizar las adecuaciones necesarias en el proceso de obtención.

Dadas las características de composición del agua residual sintética que fue elaborada a nivel de laboratorio, no se tuvieron todos los componentes de un efluente industrial real.

1.4.2. Temporal:

La presente investigación se realizó durante la emergencia sanitaria por la pandemia del SARS-CoV 2 en el año 2022, lo cual limitó los horarios de acceso a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao.

1.4.3. Espacial:

Debido a la emergencia sanitaria por la pandemia del SARS-CoV 2, la parte experimental para la obtención del carbón activado a partir de cáscara de piña se desarrolló en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao. Por el mismo motivo, no se trabajó con una muestra recolectada in situ, por ello se elaboró una muestra sintética de agua residual a fin de estudiar la remoción de cromo y arsénico por medio de adsorción con carbón activado de cáscara de piña.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacional

“Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (*Cocos nucífera*) para remoción de contaminantes en agua.”

Bravo y Garzon (2017), en su trabajo de investigación indicaron que la cáscara de coco es uno de los componentes más estudiados al momento de realizar carbón activado. Su investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco en la remoción de contaminantes en agua. La activación para la elaboración de carbón activado se realizó mediante activación física a una temperatura de 700°C por una hora. Como resultado en la elaboración de carbón activado se obtuvo 823,5g a partir de 3642,3 gr de residuo de coco, teniendo un rendimiento aproximado entre materia prima y carbón activado que oscila en una relación 3:1. El esquema experimental aplicado fue un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y tres repeticiones de 100, 50 y 25 gramos de carbón activado filtrando un litro de agua sintética compuesta con 1g de suelo limoso y 0,0025g de cloro, se elaboraron nueve filtros como unidades experimentales. Se efectuaron análisis físicos al agua: sólidos suspendidos, cloro libre residual, turbidez, color y pH. Una de las conclusiones de la investigación indica que la eficiencia obtenida en la remoción de contaminantes del agua sintética fue alta, con porcentajes de remoción que van de 58 a 76% aproximadamente, aplicando diferentes niveles de carbón activado colocados en las unidades experimentales (filtros). El tratamiento de mejor respuesta experimental fue el tratamiento 3, constó de un filtro con 100g de carbón activado por el que se filtró un litro de agua sintética; con una eficiencia de remoción de 75,68% de las variables en estudio. Validando la hipótesis de la investigación, debido a que existió un tratamiento con una alta eficiencia en la remoción de contaminantes del agua tratada.

“Evaluación del carbón activado obtenido de la cáscara de piña *Ananas comosus*” para remover color en agua residual de una industria textil.”

Urrutia (2020), en su trabajo de investigación planteó como objetivo principal evaluar la eficiencia de la biofiltración con carbón activado de residuos de piña para la remoción de color del agua residual de una textil. Para esta investigación se caracterizaron las aguas residuales de la textil antes y después de los tratamientos para analizar sus parámetros como color, turbidez, pH, alcalinidad, sólidos disueltos totales y dureza. Para la

elaboración del biofiltro se emplearon varios estratos orgánicos como carbón activado de los residuos de la piña, zeolita, arena y antracita, los cuales se combinaron en siete distintos tratamientos. Los tratamientos para la remoción de color de agua residual textil consistieron en implementar diferentes cantidades de carbón activado de piña en los biofiltros y otros medios adsorbentes para el tratamiento de las muestras de agua residual textil. Con respecto a la remoción de color, el tratamiento que obtuvo una mejor remoción de color fue el T3 (combinación de 70% carbón activado de cáscara de piña con 30% de arena y antracita), reduciendo un 70.93% de color en comparación con el tratamiento testigo.

“Generación de carbón activado a partir del residuo de cosecha de *Ananas comosus* para la remoción de metales pesados Plomo (Pb+2) y Cadmio (Cd+2)”

Velásquez (2019), en su trabajo de investigación planteó como objetivo preparar carbón activado a partir de las hojas de *Ananas comosus*; dicho objetivo se logró mediante activación química con ácido fosfórico (H_3PO_4), a partir de dos diferentes temperaturas de pirólisis (500°C y 600°C) y distintas concentraciones de agente activante (20%, 40%, 42,5% y 60%) en una relación de impregnación 6:1, con los cuales se obtuvieron porcentajes de rendimiento que variaron de 47%, 15% hasta 54,82%. Con base en la literatura se estableció que cuando se hace una impregnación con ácido fosfórico el porcentaje de rendimiento disminuye conforme aumenta la temperatura y esto se logró con los resultados que obtuvieron en la investigación. Otra tendencia que se mantuvo fue la concentración, entre más alta estuvo mayor porcentaje de rendimiento lograron. El porcentaje de rendimiento más alto (54,82%) se obtuvo para la concentración de 60% con una temperatura de 500°C; siendo la temperatura un factor determinante en el porcentaje de rendimiento. En la química superficial se estableció que el agente activante (ácido fosfórico) generó cambios químicos importantes en la estructura del precursor (hojas de *Ananas comosus*); produciendo un carbón activado de carácter hidrofílico, debido a todos los grupos polares que presentó. Con respecto a la adsorción, se demostró que los carbones activados obtenidos fueron capaces de adsorber los metales de plomo y cadmio.

“Remoción de cromo hexavalente utilizando cáscara de moringa oleífera como bio-adsorbente”

Losada, Soto & Artunduaga (2015), mostraron en su trabajo de investigación los resultados obtenidos del estudio de la cáscara de la Moringa oleífera como bioadsorbente para la eliminación de Cromo (Cr) de una solución de Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$). Se estudiaron los efectos de las principales variables de operación tales como el tiempo de contacto, dosis de adsorbente, pH y temperatura. Para la preparación del

bioadsorbente a partir de la cáscara de Moringa oleífera, fue sometida a un tratamiento físico (procesos de lavado, hervido, secado, molienda y tamizado). Luego se preparó el agua sintética, para ello se preparó una solución sintética de agua problema disolviendo 0.283g de $K_2Cr_2O_7$ según cálculos estequiométricos y con grado analítico en agua destilada para obtener una solución madre de 1000 ml de solución del metal (Cr). Para el proceso de bioadsorción, se puso en contacto el bioadsorbente y las muestras problema (agua sintética), se reguló el pH, una muestra a pH 3 y otra a pH 9, cada una con su respectivo testigo y una muestra X (pH 6.1); se agitaron a una temperatura ambiente, a 200 rpm durante (20min). Una vez transcurrido el tiempo las muestras se dejaron en reposo o decantación durante (10 min) y posteriormente fueron filtradas. Se logró la máxima adsorción de Cr VI (90%) a pH 3, con un tiempo de contacto de 20min, una dosis de adsorbente de 10g/L, una temperatura ambiente y una velocidad de agitación de 200 rpm. Se concluye que la cáscara tratada de Moringa oleífera puede ser un bioadsorbente potencial para la eliminación del Cr de soluciones acuosas, ya que se obtuvieron rendimientos de eliminación bastante elevados.

2.1.2. Nacional

“Adsorción de metales pesados (Pb y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*)”

Aguirre (2017), en su trabajo de investigación tuvo como objetivo adsorber metales pesados (Pb, As), empleando como adsorbente carbón activado elaborado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). La metodología que se usó en esta investigación fue primero la elaboración de carbón activado por activación química usando como precursor, semillas de eucalipto y como agentes activantes ácido fosfórico (H_3PO_4) para la adsorción de plomo y cloruro férrico ($FeCl_3$) para la adsorción de arsénico; para la activación de las semillas de eucalipto con agentes activantes químicos como el H_3PO_4 y $FeCl_3$ se realizó en un tiempo de impregnación de 24 horas, a la temperatura de carbonización de 500 °C por un tiempo de 60 minutos. Los ensayos de adsorción de esta investigación se realizaron utilizando 2 g de carbón activado, los cuales se pusieron en contacto con 500 ml de solución acuosa de plomo y arsénico en un tiempo de agitación de 2 horas y 300 rpm de velocidad, lo cual permitió obtener carbones activados con capacidad de adsorción de metales pesados como Pb(II) y As(V); removiendo el 98,7 % Pb(II) y el 70,3% de As(V) en soluciones acuosas en un tiempo de agitación de 75 a 120 minutos y a un pH tendiente a ácido de 4,97 y 5,6. En la investigación se indica que los carbones activados resultantes presentan una alta efectividad en la adsorción de metales pesados en soluciones acuosas.

“Adsorción del carbón activado de tallos y hojas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), para la recuperación del oro en la Minera Colibrí S.A.C.”

Yampasi (2017), en su trabajo de investigación tuvo como objetivo principal obtener carbones activados obtenidos de tallos y hojas de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) para la adsorción y recuperación del oro en la minera colibrí S.A.C. La metodología usaba para la obtención del carbon fue la activación química bajo las siguientes condiciones: el agente activante fue el H_3PO_4 al 85%, la temperatura de carbonización fue $500^\circ C$ y tiempo de calcinación fue 30 minutos. El carbón fue caracterizado mediante sus propiedades físicas y químicas: humedad, ceniza, material volátil, carbón fijo, densidad aparente y pH. Las variables óptimas de adsorción de oro a partir del carbón activado obtenido fueron: 1,2g de carbón activado, 420 minutos de tiempo de contacto y $25^\circ C$ de temperatura. Según los resultados obtenidos los carbones activados que se obtuvieron adsorbieron el oro al 97.45%.

“Adsorción de Arsénico de efluente textil con carbón activado obtenido a partir de los residuos de tela de algodón en la industria textil Corporación Wama S.A.C.”

Sánchez (2017), en su investigación tuvo como finalidad elaborar carbón activado a partir de residuos de tela sin valor económico y usarlo para reducir la concentración de Arsénico en efluente textil. Su objetivo principal fue determinar las propiedades adsorbentes del carbón activado obtenido a partir de residuos de telas de algodón. Elaboraron carbón activado a través de activación química con ácido fosfórico (H_3PO_4), donde se usaron 2.50 Kg de residuos textiles por cada tipo de carbón activado. Se impregnaron las telas de algodón con H_3PO_4 durante 24 h. La relación agente activante/bagazo utilizadas fueron 1:63. Los carbones activados se tamizaron utilizando los tamices N°18, N°35 y N°60 (USA Standard test sieve E-11) para obtener un tamaño de partícula de 0.25 mm, 0.5 mm y 1mm respectivamente. En esta investigación se evaluaron las propiedades adsorbentes del carbón activado a partir de residuos de telas de algodón y concluyeron que un tamaño de partícula de 0.25 mm y una proporción de 100% de algodón son las propiedades adsorbentes más eficientes, teniendo resultados similares con el carbón activado patrón que se utilizó, con 85.55% de eficiencia de remoción.

“Aplicación de adsorbentes de carbón preparados desde las cáscaras de la fruta piña (*Ananas comosus*) para remover metales pesados (Cd^{2+} , Pb^{2+}) desde soluciones acuosas”

Dorregaray (2018), en su trabajo de investigación planteo como objetivo principal aplicar los adsorbentes de carbón preparados desde la

cáscara de piña (*Ananas comosus*) para la remoción de plomo (Pb^{2+}) y cadmio (Cd^{2+}) desde soluciones acuosas. La preparación del adsorbente de carbón a partir de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se realizó mediante activación física, a diferentes temperaturas de pirólisis (400 °C, 500 °C y 600 °C) en diferentes ambientes inerte, N_2 (g) y oxidante, CO_2 (g), respectivamente. Se estudió el efecto de la dosificación de la masa adsorbente, el efecto del tiempo de contacto sólido - líquido y el efecto del pH sobre la adsorción de los metales; y encontraron que las condiciones óptimas para la adsorción, las cuales son: 200 mg de adsorbente, tiempo de contacto de 3 horas y a pH natural, con lo cual se logró remover el 98,64% de cadmio con el carbón CC600, mientras que, con el carbón CN600 se adsorbió un 87,64% de plomo, desde las soluciones acuosas.

“Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo (II) en disolución acuosa”

Ruiz (2018), en su investigación el objetivo fue obtener carbón activado a partir de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L. Obseck) para adsorber plomo (II) en disolución acuosa. La metodología usada para la obtención de carbón activado fue mediante activación química usando como agente activante Ácido fosfórico (H_3PO_4). Realizaron la caracterización del material precursor y carbón activado obtenido: densidad aparente, contenido de humedad, contenido de material volátil, contenido de ceniza y contenido de carbono fijo. En la investigación se estudió la razón de impregnación (agente activante (g)/precursor (g)) sobre el rendimiento de los carbones activados obtenidos, se usaron tres razones de impregnación: 0,5; 1,0 y 2,0., la impregnación se realizó por un tiempo de 24 horas. El proceso de carbonización se realizó en con las siguientes escalas: 400°C por 30 min, 500°C por 30 min y 600°C por 60 minutos. Los ensayos de adsorción de esta investigación se realizaron en sistema Batch, se realizó por un tiempo de 3 horas a 500rpm a temperatura ambiente, finalizada la etapa de adsorción, se realizó la filtración. Lograron un rendimiento promedio de carbón activado de 32% aproximadamente. Se concluye que la cáscara de naranja es un buen material precursor para la obtención de carbón activado dado su bajo contenido de cenizas, alto contenido de volátiles y su densidad de empaquetamiento. En esta investigación se indica que el carbón activado de cáscara de naranja con una razón de impregnación de 2, con un pH de la disolución ligeramente ácido y con una concentración inicial de 10 mg/L presentó el mayor porcentaje de adsorción de plomo (II), siendo un 98,8 %. Recomienda realizar estudios similares con carbón activado elaborado a partir de cáscara de naranja para compuestos inorgánicos como: cobalto, antimonio, cromo, arsénico, entre otros.

“Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de plomo y cromo en aguas contaminadas”

Quevedo & Rosales (2019), en su trabajo de investigación plantearon como objetivo principal demostrar la capacidad de adsorción de plomo y cromo en aguas contaminadas, utilizando carbón activado obtenido de la semilla de aguaje. Usaron diferentes masas del carbón elaborado en un volumen de agua contaminada con plomo y cromo, con lo cual también buscaron determinar cuál de estas masas es la óptima para la remoción de ambos metales pesados. Los tratamientos usados en esta investigación fueron las distintas masas de carbón activado: 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5 g, teniendo como muestra inicial al experimento con masa de 0 g, las cuales se usaron en un volumen de 500 ml de muestra de agua contaminada, finalmente se determinó el porcentaje de remoción para plomo y cromo con cada una de las masas usadas. Se usó al H_3PO_4 como agente activante para todos los tratamientos. En la investigación se demostró que el carbón activado obtenido a partir de la semilla de aguaje adsorbe plomo y cromo en aguas contaminadas, concluyendo que el carbón activado preparado a partir de la semilla de aguaje tiene mayor afinidad con el plomo presente en una muestra contaminada con plomo y cromo, explican que esto se debe a las características del radio solvatado de cada metal, la cual causa que los iones de plomo sean los primeros en ser adsorbidos y por ende se reflejará en un mayor porcentaje de remoción en la muestra experimentada. La masa óptima para la remoción tanto de plomo como de cromo es de 0.5 g. obteniendo un porcentaje de remoción promedio de 80.22%, la masa óptima para la remoción del plomo es de 1.5g removiendo un 97.14 % y la masa óptima para la remoción del cromo es de 0.25g removiendo un 72%.

“Carbón activado a partir de la pulpa de la cereza de café mediante activación química”

Guevara (2019), en su trabajo de investigación planteó obtener carbón activado a partir de la pulpa de la cereza de café mediante activación química. Para la activación química se usó el ácido fosfórico (H_3PO_4) al 80%. Para el proceso de deshidratación se realizó mediante secado en estufa a 105°C hasta peso constante, luego se realizó la molienda y tamizado para posteriormente realizar la impregnación con el ácido fosfórico por 24 horas, se prosiguió con el secado en la estufa a 105°C, para luego proceder con la carbonización en mufla a 400°, 450° y 500° por tiempo de 150 min, 180 min y 210 min respectivamente. En la investigación se realizó la caracterización del carbón activado con los siguientes parámetros: densidad aparente, materia volátil, cenizas, carbón fijo, humedad y pH. Se concluye que el carbón activado con mayor capacidad de adsorción fue el que se obtuvo con una temperatura de carbonización es 400°C y tiempo de 180 minutos. Se recomienda realizar

investigaciones con otros residuos agrícolas y determinar sus capacidades de adsorción, así como realizar ensayo con otros agentes activantes.

2.2. Bases teóricas

- **Adsorción de metales pesados y metaloides con carbón activado**

Según Mohan y Pittman (2007) la adsorción de metales con carbón activado es un proceso más complejo que la retención de compuestos orgánicos, ya que, la carga de los metales afecta la cinética de adsorción en solución y al igual que para todo adsorbente, la capacidad máxima de adsorción de un carbón activado depende de las propiedades químicas del adsorbato, la temperatura, el pH y la presencia de otros iones en la solución.

Sin embargo, de acuerdo con Papandreou et al. (2011) el uso de carbón activado para esta remoción puede tener desventajas como son la pérdida de carbón activado durante las etapas de regeneración térmica, así como la disminución de la capacidad de adsorción de los carbones regenerados.

Para el caso de un metaloide como el arsénico, Mohan y Pittman (2007), indican que la adsorción está evolucionando como primera línea de defensa, ya que es una herramienta útil para controlar el alcance de la contaminación del agua con arsénico.

- **Obtención de carbón activado a partir de biomasa lignocelulósica**

De acuerdo a Domínguez (2018) una de las opciones para el aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos es la producción de materiales carbonosos. El carbón es un material muy versátil y posee muchas aplicaciones en diversas áreas, como en la electrónica, para la fabricación de electrodos de grafito; estructural, por fibras y nanotubos de carbono; así como también aplicaciones térmicas en compósitos de carbono; en catálisis, como soportes catalíticos y en el área ambiental, para la remoción de contaminantes.

Según Bastidas et al. (2010) para la obtención de carbón activado a partir de biomasa lignocelulósica se debe tener en cuenta propiedades como la abundancia, dureza, estructura de los poros, contenido de carbono, contenido de ceniza y rendimiento de masa durante el proceso de carbonización.

Vidal et al. (2018) menciona que los productos que se usan para la obtención de carbón activado, también llamados precursores, deben tener un alto contenido de carbono y bajos niveles de compuestos inorgánicos en su estructura, estas dos condiciones son cumplidas por la biomasa lignocelulósica proveniente de los residuos agroindustriales sin dejar de lado los métodos de síntesis y las condiciones de operación del proceso de activación ya que estos influyen en las características químicas y la estructura interna de los poros.

Según González (2017), los precursores lignocelulósicos se caracterizan a través de su contenido de humedad, de volátiles, de cenizas y de carbón fijo, donde la humedad es el agua que retiene el material en condiciones normales, las cenizas son la fracción de materia inorgánica presente originalmente en el material, los volátiles son la fracción de materia orgánica que se puede liberar por efectos térmicos y que están compuestos principalmente por la lignina y la celulosa. Y finalmente el contenido de carbón fijo que es el que conformará principalmente el carbón activado.

- **Carbón activado**

De acuerdo a López (2013), el carbón activado es un material altamente poroso y de gran área superficial.

Según Agudelo (2017), el carbón activado es un material carbonoso, microcristalino preparado a partir de compuestos carbonosos tales como, madera, turba, petróleo, carbón mineral, residuos agroindustriales, entre otros. González & Villalobo (2020) mencionan que cualquier sustancia compuesta por carbono puede ser utilizada como materia prima para la obtención de carbón activado, pero son las cáscaras las que se destacan gracias a su alto contenido de carbono.

Bansal et al. (1988) citado por Jaramillo (2021) indica que todos los materiales carbonosos pueden ser transformados en carbón activado, sin embargo, las propiedades del producto final variarán dependiendo de la naturaleza de la materia prima, del agente activante y de las condiciones del proceso de activación.

Por otra parte, Reinoso (2002) indica que el carbón activado tiene escasa especificidad ante un proceso de retención, es un adsorbente “universal”. No obstante, por su naturaleza apolar y por el tipo de fuerzas implicadas en el proceso de adsorción, retendrá preferentemente moléculas apolares y de alto volumen molecular (hidrocarburos, fenoles, colorantes.), mientras que sustancias como el nitrógeno, oxígeno y agua prácticamente no se retienen por el

carbón a temperatura ambiente. De ahí que más de 190.000 Tm/año (de las 375.000 producidas) se destinen a la eliminación de contaminantes procedentes de sectores muy variados, tanto en fase gas (sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, vapores de gasolinas, entre otros) como líquida (aguas potables, industriales y residuales, tintorerías, entre otros).

- Estructura

Según Yanchapaxi (2017) desde el punto de vista estructural, el carbón activado se puede definir como un material carbonoso poroso preparado a partir de un precursor a base de carbón con gases y en ocasiones con la adición de productos químicos (por ejemplo, ácido fosfórico, cloruro de cinc, hidróxido de potasio, etc.), durante y después de la carbonización, para aumentar la porosidad.

- Composición

- a. Composición química

De acuerdo a Perdomo (2011) citado por Navarrete et al. (2014) composición química del carbón activado es aproximadamente de un 70- 80% de C, del 5 al 10% de cenizas, del 60% de oxígeno y 0,5% en hidrógeno. Dicha composición química del carbón activo es prácticamente pura, al igual que lo es el grafito, el diamante y los diversos carbones minerales o de leña.

- b. Composición física

Según Perdomo (2011) citado por Navarrete et al. (2014), el carbón activado posee una estructura microcristalina que es en gran medida similar a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbono activado da razón a una distribución de poros de tamaños bien determinados. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio: macroporos ($r > 25$ nm), mesoporos ($25 > r > 1$ nm) y microporos ($r < 1$ nm).

- Propiedades del carbón activado

De acuerdo a Navarrete (2014) las propiedades más notables en el carbón activado es su eficacia de purificación de líquidos y gases. Desde el inicio de los tiempos los pobladores egipcios descubrieron que el carbón de madera, preparado a partir de madera carbonizada (carbón vegetal), podía emplearse para procesos de purificación o con fines medicinales. En la actualidad se presentan diversas aplicaciones de este material, desde tan

sencillas como filtros de refrigerador o peceras, hasta sistemas industriales íntegros como recientes plantas de tratamiento de aguas residuales o sofisticados sistemas de elaboración de antibióticos. Las características principales del carbón activado son básicamente dos: elevada capacidad de eliminación de sustancias y baja selectividad de retención.

- Métodos de activación del carbón activado

- a. Activación física

Luna et al. (2007) indican que la porosidad de los carbones preparados mediante activación física es el resultado de la gasificación del material carbonizado a temperaturas elevadas. En la carbonización se eliminan elementos como el hidrógeno y el oxígeno del precursor para dar lugar a un esqueleto carbonoso con una estructura porosa rudimentaria. Durante la gasificación el carbonizado se expone a una atmósfera oxidante (vapor de agua, dióxido de carbono, o mezcla ambos) que elimina los productos volátiles y átomos de carbono, aumentando el volumen de poros y el área específica. El carbón que se obtiene es llamado carbón primario (similar al usado para asar carnes).

Según Gomella et al. citado por Zamora (2010), el método físico comprende dos etapas de obtención: La primera consiste en una pirólisis del material base para transformarlo en carbón vegetal (carbonización en medio poco oxidante a 500 °C). Se obtiene entonces un material adsorbente cuya superficie específica es del orden de 10 m²/g. La segunda, es un proceso térmico que consiste en una oxidación controlada a 1000 °C en atmósfera cuyo poder oxidante se reduce mediante la inyección de gas carbónico o vapor de agua. El tratamiento es relativamente largo de (10-48 hrs.), en él se destruyen la totalidad de materiales volátiles residuales y se desarrolla una superficie del carbón activado del orden de 600 m²/g y en ocasiones hasta 1500 m²/g.

- b. Activación química

Ovín (2003) indica que el método de activación química se caracteriza por que la carbonización y la activación tienen lugar en una sola etapa, llevada a cabo por la descomposición térmica de la materia prima impregnada con agentes químicos, tales como ácido fosfórico, cloruro de zinc, hidróxido de potasio o tiocianato potásico, siendo esta

realizada casi exclusivamente para carbones producidos de materia prima vegetal de origen reciente y obteniéndose rendimientos de hasta un 50% (bms), basándose la economía del proceso principalmente de la recuperación del agente activante utilizado.

Grisales y Rojas (2016), indican que, mediante este tratamiento la materia prima se transforma en carbón, pero adquiriendo propiedades con una gran actividad y poder adsorción. El proceso de activación química es aplicado directamente a la materia prima, a diferencia de la activación física donde tiene que haber una carbonización previa a la activación.

- **Adsorción**

Según Ramalho (1996) citado por Reyes (2017), se conoce al proceso de adsorción como la acumulación de partículas (adsorbatos) presentes en solución acuosa o gaseosa sobre la superficie de una interfase adecuada (adsorbente). Es un fenómeno de transferencia de masa en que un constituyente de la fase líquida o gas se transfiere a la fase sólida.

- Tipos de adsorción

- a. Adsorción Física

Según Vera (2006) la adsorción que tiene lugar debido a las fuerzas de Van Der Waals. La molécula adsorbida no está fija en un lugar específico de la superficie, sino más bien está libre de trasladarse dentro de la interfase. La adsorción de este tipo se llama algunas veces adsorción "ideal". La adsorción física, en general, predomina a temperatura baja, y se caracteriza por una energía de adsorción relativamente baja, es decir, el Adsorbato no está adherida fuertemente al adsorbente.

- b. Adsorción Química

De acuerdo a Vera (2006) es aquella adsorción en la que el adsorbato sufre una interacción química con el adsorbente. Se considera que las moléculas "adsorbidas químicamente" no están libres para el movimiento en la superficie o dentro de la interfase. Los procesos de adsorción química exhiben elevadas energías de adsorción, debido a que el adsorbato forma unos enlaces fuertes localizados en los centros activos del adsorbente. La interacción química entre el adsorbente y el adsorbato viene favorecida por una temperatura más elevada, debido a que las

reacciones químicas proceden más rápidamente a temperaturas elevadas que a temperaturas más bajas.

- Factores que influyen en la adsorción
 - a. Superficie específica: El área superficial específica del adsorbato: Esta área es generalmente proporcional a su capacidad de sorción, que es uno de los fenómenos que ocurren en la superficie activa del absorbente. (Slejko, 1985, citado por Reyes, 2017).
 - b. Tamaño del poro: De acuerdo a Metcalf y Eddy (2003), la cantidad de partículas que se pueden adsorber está relacionada con el tamaño y distribución de sus poros, la cual se refiere a la cantidad de espacios libres o vacíos.
 - c. Naturaleza del adsorbente: Según Húmpola (2013) los factores más determinantes son la naturaleza química de la superficie, que influirá en la interacción entre el adsorbato y adsorbente, especialmente en soluciones diluidas; y por otro, las características estructurales, en especial: superficie específica, distribución de volumen de poros y tamaño de las partículas de adsorbente.
 - d. Naturaleza del adsorbato: Según Josefina (2013) citado por Quispe (2013) para que el adsorbato se adhiera a la superficie del adsorbente son fundamentales sus propiedades fisicoquímicas (solubilidad, carga superficial, carácter hidrofóbico/ hidrofílico, entre otros), tamaño de la partícula para penetrar a los poros en su caso.
 - e. Temperatura: De acuerdo a Húmpola (2013), la mayoría de las reacciones de adsorción son susceptibles a los grandes cambios de temperatura que pueden aumentar o disminuir el proceso de adsorción.
 - f. pH: Según Janqui (2019) en una disolución el pH da lugar al grado de adsorción ya que gobierna el grado de ionización de los compuestos ácidos o básicos, el cual es factor determinante para la adsorción.

- **Piña (*Ananas comosus*)**

La piña es un fruto comestible de la familia Bromeliaceae y de las más importantes del mundo.

De acuerdo a los datos estadísticos de la FAOSTAT (2019) la producción mundial de piña en 2019 fue de 28,179,348 toneladas con un rendimiento de 250,415 hectogramo por hectárea (Hg/ha).

Según Vasiljevic (2020) el fruto es consumido fresco o procesado comercialmente en frutos enlatados, jugo, concentrados y mermeladas.

- Aspectos botánicos

Según Sandoval y Torres (2011) la piña (*Ananas comosus*) es una planta monocotiledónea, herbácea y perenne. El tallo está cubierto de hojas lanceoladas envolventes y están en forma de espiral, se encuentran en un número de 70 a 80 hojas por planta, los bordes de éstas pueden contener espinas o libres de éstas según la variedad. Generalmente las raíces son muy superficiales, se localizan en los primeros quince centímetros superiores del suelo, aunque pueden profundizar hasta sesenta centímetros o más. La inflorescencia contiene de 100 a 200 flores dispuestas en forma de espiral, fusionadas entre sí y con el tallo central, que dan origen a un fruto partenocárpico del cual la cáscara está formada por los sépalos y brácteas de la flor.

De acuerdo a Reina (1994) el fruto para la primera cosecha se forma en un pedúnculo largo localizado en el ápice del tallo del brote planteado inicialmente; para la segunda cosecha se forma sobre brotes laterales del primer tallo.

- Clasificación Taxonómica

Según Loría (2016) la clasificación taxonómica de la piña (*Ananas comosus*) es la siguiente:

- a. Nombre común: Piña
- b. Nombre científico: *Ananas comosus*
- c. Reino: Plantae
- d. División: *Magnoliophyta*
- e. Clase: *Liliopsida* (monocotiledóneas)
- f. Orden: *Bromeliales*
- g. Familia: *Bromeliaceae*
- h. Género: *Ananas*
- i. Especie: *comosus*

- Composición

Según Castañeda (2003) el componente principal de este fruto es el agua, abarcando aproximadamente el 85% de su peso, es

rica en vitaminas A, B, C y E, además de poseer un alto contenido de glúcidos como sacarosa, glucosa y levulosa. Tiene como ingrediente activo a la bromelina, una mezcla de 5 enzimas proteolíticas, las cuales difieren unas de otras por su capacidad de oxidar sustratos específicos. En su composición también resalta la presencia de sales minerales de calcio, fósforo y hierro. De acuerdo a Vásquez citado por Álvarez y Ortiz (2016) la cantidad de agua contenida en la piña convierte a ésta en un fruto con bajo valor energético, por lo que las personas con problemas de sobrepeso pueden incluirla en su alimentación sin problema alguno. Debido al elevado contenido de fibra la piña tiene la cualidad de saciar el hambre, previene el estreñimiento y regula la flora intestinal.

- Cáscara de piña

En cuanto a la cáscara de piña, Pardo et al (2014) informa que tienen entre un 22% y un 35% de hemicelulosa en base seca y según Banerjee et al. (2018) también son ricas en otros componentes valiosos como la bromelina, que tienen un gran valor en el sector alimentario y terapéutico.

En la Tabla 1, se muestra el perfil bromatológico de la cáscara de piña.

Tabla 1
Perfil bromatológico de la cáscara de piña

Componente	Unid	Cantidad
pH		3.3
Materia seca (MS)	%	13.83
Proteína cruda (PC)	%	7.51
Cenizas	%	4.02
Fibra detergente neutro	%	50.49
Fibra detergente ácido	%	31.86
Lignina	%	12.45
Celulosa	%	19.41
Hemicelulosa	%	18.63

Nota: Recuperado de “Hemicellulose based biorefinery from pineapple peel waste: Xylan extraction and its conversión into xylooligosaccharides” de Banerjee et al., 2019, Journal Food and Bioproducts Processing, 117, p.41. (<https://cutt.ly/4ngstMv>). Published by Elsevier B.V. All rights reserved.

- Residuos de piña y su aprovechamiento

Según Vasiljevic (2020), el incremento ininterrumpido en la producción de piña que se debe principalmente a las conservas del fruto, el cual ha generado el aumento de grandes cantidades de desperdicios debido a los procesos de selección y eliminación de partes no deseadas, de acuerdo a Roda et al. (2016) el 75% de las partes no deseadas están en forma de piel de piña, núcleo y extremo de la corona. Además, Nunes et al. (2009) indica que hasta el 55% de los desechos generados se crea debido a la mala manipulación del fruto y la exposición a condiciones adversas de temperatura durante el almacenamiento y transporte.

2.3 Conceptual

Contaminación de aguas por metales pesados

De acuerdo a Reyes et al. (2016), la contaminación por metales pesados y metaloides en recursos hídricos plantea una de las más severas problemáticas para el medio ambiente debido a su persistencia, es decir, no pueden ser creados o degradados mediante procesos biológicos o antropogénicos, cuando los metales pesados y metaloides ingresan en los ecosistemas acuáticos, se transforman a través de procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características físico-químicas, por ejemplo, los materiales particulados y coloidales.

Entre estos metales pesados y metaloides que contaminan los recursos hídricos encontramos como ejemplo al cromo y arsénico respectivamente, los cuales, según Cortázar et al. (2014), se encuentran presentes en los efluentes de la industria textil.

Según Brañez et al. (2018), la industria textil es, después de la industria del petróleo, la segunda industria más contaminante del medio ambiente.

De acuerdo a Carrera (2016), la industria textil se caracteriza por ser una de las actividades que consume altas cantidades de agua, energía e insumos químicos. Cada planta no usa el mismo proceso de producción, cantidad de agua, ni químicos.

Según Gómez (2013), los efluentes líquidos generados por la industria textil provienen de los procesos de tintorería, estampado, acabados y planta de agua. Sin embargo, la tintorería es uno de los procesos más cuestionados debido a su generación de carga contaminante por los grandes volúmenes de

agua empleada en sus procesos e impacto en el medio ambiente, muchos metales pueden estar disueltos o suspendidos en los efluentes de tintorería, altas concentraciones de ellos pueden ser nocivas para la vida acuática.

Según Cortázar et al. (2014), en los efluentes textiles se pueden encontrar metales como: arsénico, cadmio, cromo, cobalto, cobre, manganeso, mercurio, níquel, plata, titanio, zinc, estaño y plomo. Muchos de esos metales se generan durante el proceso de teñido.

Según la IFC (2007), los efluentes provenientes de los procesos de tintura de la industria textil suelen estar calientes y coloreadas y pueden contener concentraciones significativas de metales pesados (cromo, cobre, zinc, plomo o níquel).

a. Cromo (VI)

Según Selvi et al. (2001) el cromo es un elemento que se encuentra de manera natural en rocas, animales, plantas y el suelo. Es un metal reductor activo y puede ser encontrado en el medio ambiente como Cr (III) y Cr (VI), trivalente y hexavalente respectivamente.

Según Soliman y Moustafa (2020) el cromo es usado en la industria de las fundiciones de hierros, pinturas, acero inoxidable, caucho, cuero, teñido, entre otras.

De acuerdo a Cervantes y García (2006) el Cr (VI) se encuentra comúnmente solubilizado en aguas contaminadas como iones de cromato (CrO_4^{2-}) o dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$); los iones de dicromato se forman cuando las concentraciones superan el 1 g/L. Además, según Mohan y Pittman (2006) el Cr (VI) también se encuentra con frecuencia en sales de ácido crómico (H_2CrO_4) o en iones de cromato de hidrógeno (HCrO_4^-).

b. Arsénico

Según Mandal y Suzuki (2002) el arsénico, que es uno de los metaloides más tóxicos, ampliamente distribuido de maneras muy diversas en el mundo, el cual está presente en cuatro estados de oxidación As(V), As (III), As (0) y As(-III), siendo el As (III) la especie de mayor toxicidad y el As(V) la especie de mayor predominancia en aguas superficiales. De acuerdo a Bundschuh et al. (2010) el arsénico compone cerca de un 5×10^{-4} % de la corteza terrestre, Duker et al. (2004) manifiesta

que dicho elemento ocupa el 20avo lugar en abundancia en la corteza terrestre.

De acuerdo a CYTED (2008) el arsénico puede provenir de fuentes naturales como la actividad volcánica o la meteorización de rocas parentales, y de fuentes antropogénicas como la minería, la industria fundidora o incluso el uso de pesticidas que contengan arsénico. En aguas subterráneas la contaminación con arsénico es, generalmente, mayor que en aguas superficiales debido a la presencia de rocas volcánicas o minerales con este elemento.

Lillo (2008) menciona que existen diferentes especies de arsénico identificadas en agua, las cuales se presentan, por lo común, como oxianiones, con el arsénico en dos estados de oxidación, arsénico trivalente As (III), llamado arsenito, y arsénico pentavalente As(V), llamado arseniato, y con menos frecuencia como As (0) y As(-I). El As(V) se presenta, a su vez, como H_3AsO_4 y sus correspondientes productos de disociación ($H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ y AsO_4^{3-}) mientras que el As (III) se presenta como H_3AsO_3 y sus correspondientes productos de disociación ($H_4AsO_3^+$, $H_2AsO_3^-$, $HAsO_3^{2-}$ y AsO_3^{3-}). Tanto As(V) como As (III) son móviles en el medio y comúnmente se reporta que el As (III) es el estado más lábil y biotóxico.

- **Agua residual sintética**

De acuerdo a Torres et al. (1996) citado por Medina & Zapata (2017), el agua residual sintética es un medio compuesto por sustancias orgánicas e inorgánicas tomando como base la composición real del agua residual. Su uso está diseñado para estudios en pequeña escala debido a que muchas veces se hace difícil trabajar con aguas residuales domésticas o industriales, ya sea por la diversidad en su composición o por el tipo de contaminante que contengan.

Según Castellanos (2019), el uso de agua residual simulada o sintética en lugar de agua residual real es preferible para asegurar la reproducibilidad y comparación de los diferentes tratamientos realizados, ya que este tipo de agua tiene la ventaja de tener composiciones y concentraciones controladas, evitando así, los problemas que conlleva el uso del agua residual real que puede arriesgarnos a no obtener muestras con las mismas características fisicoquímicas.

- **Adsorción**

De acuerdo a lo indicado anteriormente se puede definir a la adsorción como la acumulación de adsorbatos (cromo y arsénico) presentes en una solución acuosa sobre la superficie de un adsorbente, el cual será el carbón activado. En la presente investigación, la adsorción mediante carbón activado de cáscara de piña se realizó considerando condiciones de operación o factores como el grado de acidez (pH), el tiempo de contacto y la velocidad de agitación, los cuales se describen a continuación:

- a. pH

Según Mall I. (2006), pH de la solución afecta la carga superficial de los adsorbentes, así como el grado de ionización y especiación de diferentes contaminantes. El cambio en el pH afecta el proceso de adsorción a través de la disociación de grupos funcionales en los sitios activos de la superficie del carbón activado. Esto conduce posteriormente a un cambio en la cinética de reacción y las características de equilibrio del proceso de adsorción.

Chojnacka (2010) indica que el pH de la solución es uno de los factores más determinantes durante el proceso de adsorción, ya que este influye en: la solubilidad del metal, la disponibilidad de los sitios activos y estructura del carbón activado y puede dañar la estructura.

- b. Tiempo de contacto

Es uno de los parámetros más importantes para los procesos con carbón activado, de acuerdo a Fundneider et al. (2021) el tiempo de contacto es el periodo durante el cual la fase líquida y la fase sólida (carbón activado) son capaces de interactuar, es decir, el tiempo que tienen las sustancias disueltas para ser transferidas de la fase líquida a la superficie del carbón.

c. Velocidad de agitación

Es el número de vueltas por unidad de tiempo (rpm) necesario para que el carbón activado de cáscara de piña entre en contacto con el agua residual sintética. Según Muñoz y Pazmiño (2007), la velocidad de agitación debe ser suficiente para mantener al carbón activado suspendido en solución para maximizar el transporte de los metales y metaloides a la superficie del sólido (carbono activado).

Según Geethakarathi y Phanikumar (2011), la velocidad de agitación afecta en gran medida la distribución del adsorbente (carbón activado) en la solución.

- **Carbón activado**

Como se mencionó anteriormente, el carbón activado es un material altamente poroso y de gran área superficial. Según Agudelo (2017), preparado a partir de compuestos carbonosos tales como residuos agroindustriales.

Según González (2017), para la preparación de carbón activado puede usarse como precursor cualquier material orgánico, debido al elevado contenido de carbono que presentan en su estructura. Los más empleados son residuos agrícolas o forestales, productos de naturaleza lignocelulósica, como la madera, cáscara de nuez, de coco, de almendra, hueso de aceituna, etc.

En la presente investigación se usó como materia prima o precursor un residuo agroindustrial como la cáscara de piña *Ananas comosus* para la obtención de carbón activado mediante activación química con ácido fosfórico para la adsorción de cromo y cloruro de hierro para la adsorción de arsénico, que de acuerdo a Grisales y Rojas (2016), mediante este tratamiento la materia prima se transforma en carbón, pero adquiriendo propiedades con una gran actividad y poder adsorción.

- **Cáscara de piña (*Ananas comosus*)**

Según Mora y Ventura (2018), la piña (*Ananas comosus*) es comercializada por pequeños productores; en mayor volumen es producido por compañías exportadoras que solo utilizan la pulpa de la fruta y por lo general no aprovechan el manejo de sus desechos, convirtiéndose en un desperdicio.

De acuerdo a Vasiljevic (2020), los desechos de la piña al ser de fácil disponibilidad poseen un gran atractivo potencial para

la aplicación de nuevos métodos de extracción científicos y tecnológicos.

Según Ardila et al. (2018), el uso de la cáscara de piña como adsorbente para aliviar la carga contaminante de efluentes acuosos de la industria textil es una opción viable debido a que su aplicación como adsorbente no compite con los fines alimentarios del fruto.

2.4. Definición de términos básicos

- **Agua residual sintética:** Según Castellanos (2019), es una muestra preparada en laboratorio con cromo y arsénico con la finalidad de simular un efluente de la industria textil debido a que no puede tomarse una muestra real debido a la emergencia sanitaria por la pandemia del SARS-CoV-2.
- **Activación:** Según Luna et al. (2007), consiste en multiplicar el área superficial del carbón creando una estructura porosa.
- **Adsorción:** Según González (2017), la adsorción es un proceso de separación en la que ciertos componentes de una fase fluida (adsorbato) se transfieren por atracción hacia la superficie de un sólido adsorbente.
- **Bromelina:** Según Dalgo (2012), es un complejo enzimático digestivo que contiene azufre y se extrae del tallo y del fruto de la planta de piña, "*Ananas comosus*", familia de las Bromeliáceas. Destaca por su actividad proteolítica, es decir, ayuda a digerir las proteínas descomponiéndolas en aminoácidos.
- **Carbón activado:** Según González (2017), producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito solo que el orden en la estructura del carbón activado es menos perfecto, es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 500 a 1500 metros cuadrados o más, por gramo de carbón.
- **Carbonización:** Gómez (2014), la carbonización es un proceso de calentamiento de materiales orgánicos en ausencia de aire para la obtención del producto sólido resultante que es el carbón vegetal.

- **Ceniza:** Según RAE (2001), polvo de color gris claro que queda después de una combustión completa y está formado, generalmente, por sales alcalinas y térreas, sílice y óxidos metálicos.
- **Fibra detergente neutro:** Según Gallardo (2007), representa los componentes de la pared celular de las plantas: hemicelulosa, celulosa, lignina, etc. No siempre un alto valor de FND implica un alimento de tipo “fibroso”, todo depende de su composición química (grado de lignificación) y del tamaño de las partículas.
- **Fibra detergente ácida:** Según Gallardo (2007), es una parte de la pared celular compuesta por celulosa ligada a lignina, además de compuestos Maillard; sílice; cutina, etc. Esta fracción es un indicador indirecto del grado de digestibilidad del forraje: cuanto más alta, menos digestible.
- **Humedad:** Según Martines (2007), la humedad es una propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, el cual se puede expresar en términos de varias magnitudes. Algunas de ellas se pueden medir directamente y otras se pueden calcular a partir de magnitudes medidas.
- **Materia seca:** Según Gallardo (2007), indica indirectamente la cantidad de agua del forraje. Los balances de dieta deben realizarse siempre sobre base seca. El agua diluye los nutrientes.
- **Lignocelulosa:** Según Jiménez (2017), la lignocelulosa es el recurso renovable biológico más abundante en nuestro planeta, se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina, cuyas proporciones en las plantas varían de la siguiente manera: 20-55% de celulosa, 16-85% de hemicelulosa y de 15 a 40% de lignina y que se combinan en una matriz molecular, con un contenido relativamente bajo de monosacáridos, proteínas, almidón o aceites.
- **Precursor:** Según Vidal et al. (2018), es la materia prima utilizada a partir del cual se fabrica el carbón activado.
- **Proteína cruda:** Según Gallardo (2007), esta fracción incluye también las sustancias nitrogenadas no proteicas (NNP) como aminos, amidas, urea, nitratos, péptidos y aminoácidos aislados. No siempre un alto nivel de PB significa buen nivel proteico. Los

compuestos NNP, solubles o muy degradables, poseen menor valor nutricional que las proteínas verdaderas.

- **pH:** Según Vázquez y Rojas (2016), es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion Hidrógeno.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis (general y específicas)

3.1.1 Hipótesis General

Se removerá cromo y arsénico del agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña "*Ananas comosus*"

3.1.2 Hipótesis Específicas

La mayor cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña "*Ananas comosus*" tendrá una adsorción significativa de cromo del agua residual sintética.

La mayor cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña "*Ananas comosus*" tendrá una adsorción significativa de arsénico del agua residual sintética.

3.2. Definición conceptual de las variables

Variable independiente:

· Adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña "*Ananas comosus*"

Definición conceptual: Acumulación de adsorbatos presentes en solución acuosa sobre la superficie de un adsorbente. Ramalho (1996) citado por Reyes, (2017)

Variable dependiente:

· Remoción de cromo y arsénico del agua residual sintética

Definición conceptual: La remoción es un proceso en el cual las partículas son separadas de un medio (sólido, líquido o gas) a otro.

3.2.1 Operacionalización de variables:

Tabla 2
Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TÉCNICA	MÉTODO
VI: Adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña “ <i>Ananas comosus</i> ”	Acumulación de adsorbatos presentes en solución acuosa sobre la superficie de un adsorbente. Ramalho (1996) citado por Reyes, (2017)	La cantidad de adsorbato que se puede adsorber es directamente proporcional al volumen del carbón activado. Tejada et al. (2015).	Cantidad de adsorbato	Masa de carbón activado de cáscara de piña “ <i>Ananas comosus</i> ”	0.5 g 1 g 1.5g	Observación experimental	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TÉCNICA	MÉTODO
VD: Remoción de cromo y arsénico del agua residual sintética	La remoción es un proceso en el cual las partículas son separadas de un medio (sólido, líquido o gas) a otro.	La remoción es la diferencia entre la concentración inicial y la concentración final de cromo y arsénico después de finalizado el tratamiento (adsorción con el carbón activado). Torres et al. (2018).	Remoción	% Remoción de cromo y arsénico	%	Experimental	Hipotético - Deductivo

3.3. Definición operacional de la variable

Variable independiente:

- **Adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña “*Ananas comosus*”**

Definición operacional: La cantidad de adsorbato que se puede adsorber es directamente proporcional al volumen del carbón activado. Tejada et al. (2015).

En la Tabla 3, se muestran los indicadores y unidades correspondientes a las dimensiones establecidas para la variable independiente.

Tabla 3.

Dimensiones, Indicadores y Unidad de Variable Independiente

DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Cantidad de adsorbato	Masa de carbón activado	0.5 g
	de cáscara de piña	1 g
	“ <i>Ananas comosus</i> ”	1.5g

Variable dependiente:

- **Remoción de cromo y arsénico del agua residual sintética**

Definición operacional: La remoción es la diferencia entre la concentración inicial y la concentración final de cromo y arsénico después de finalizado el tratamiento (adsorción con el carbón activado). Torres et al. (2018).

En la Tabla 4, se muestran los indicadores y unidades correspondientes a las dimensiones establecidas para la variable dependiente.

Tabla 4

Dimensiones, Indicadores y Unidad de Variable Dependiente

DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Remoción	% Remoción de cromo y arsénico	%

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de la investigación.

4.1.1 Tipo de Investigación:

De acuerdo con Hernández, Fernández & Baptista (2014), la presente investigación es aplicada, dado que uno de sus propósitos radica en resolver un problema, es decir brindará una alternativa de solución.

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, orientada a la verificación de una hipótesis previamente formulada. Según indica Hernández, Fernández & Baptista (2014), el enfoque cuantitativo implica la recolección de datos con el fin de contrastar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. El investigador plantea un problema de estudio específico y concreto y los análisis cuantitativos se interpretan en función de las hipótesis y de estudios previos revisado, es decir, la teoría existente en el área de estudio.

4.1.2. Diseño

De acuerdo con Hernández, Fernández & Baptista (2014), esta investigación tiene un diseño de tipo experimental. En este tipo de investigación, se manipula intencionalmente la variable independiente, considerada la supuesta causa, con el fin de analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una variable dependiente, los supuestos efectos-consecuentes, dentro de un entorno controlado para la investigación.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), en un experimento se analizan relaciones “puras” entre las variables de interés, sin la interferencia de otras variables, lo que permite establecer relaciones causales con mayor precisión.

El presente estudio tiene como propósito establecer un análisis a través de dos etapas.

a. Primera etapa

En la primera etapa se realizó la caracterización y preparación del precursor, posterior a ello se obtuvo el carbón activado con dos diferentes activantes; ácido fosfórico al 85% para el carbón activado que adsorbió Cromo y Cloruro de hierro (III) al 85% para el carbón activado que adsorbió arsénico. Las cantidades de activante se determinaron siguiendo la relación gramos de agente activante / gramos de agente precursor, la cual fue de 0.30 para el activante Cloruro de hierro (III) y de 1.0 para el activante ácido fosfórico.

En ambos casos se desarrollaron tres réplicas con tres diferentes masas.

En la Tabla 5, se muestra el diseño de la investigación de carbón activado con ácido fosfórico para la remoción de cromo, donde se consideraron tres diferentes masas de carbón activado y tres replicas para cada una de ellas.

Tabla 5

Diseño de la Investigación de Carbón Activado con Ácido Fosfórico

CANTIDAD CARBÓN ACTIVADO	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2	RÉPLICA 3
0.5	0.5_RE 1	0.5_RE 2	0.5_RE 3
1	1_RE 1	1_RE 2	1_RE 3
1.5	1.5_RE 1	1.5_RE 2	1.5_RE 3

Nota: X_REy: Cantidad "X" de carbón activado por réplica "y"

En la Tabla 6, se muestra el diseño de la investigación de carbón activado con cloruro de hierro (III) para la remoción de arsénico, donde se consideraron tres diferentes masas de carbón activado y tres replicas para cada una de ellas.

Tabla 6.*Diseño de la investigación de carbón activado con cloruro de hierro (III)*

CANTIDAD CARBÓN ACTIVADO	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2	RÉPLICA 3
0.5	0.5_REA 1	0.5_REA 2	0.5_REA 3
1	1_REA 1	1_REA 2	1_REA 3
1.5	1.5_REA 1	1.5_REA 2	1.5_REA 3

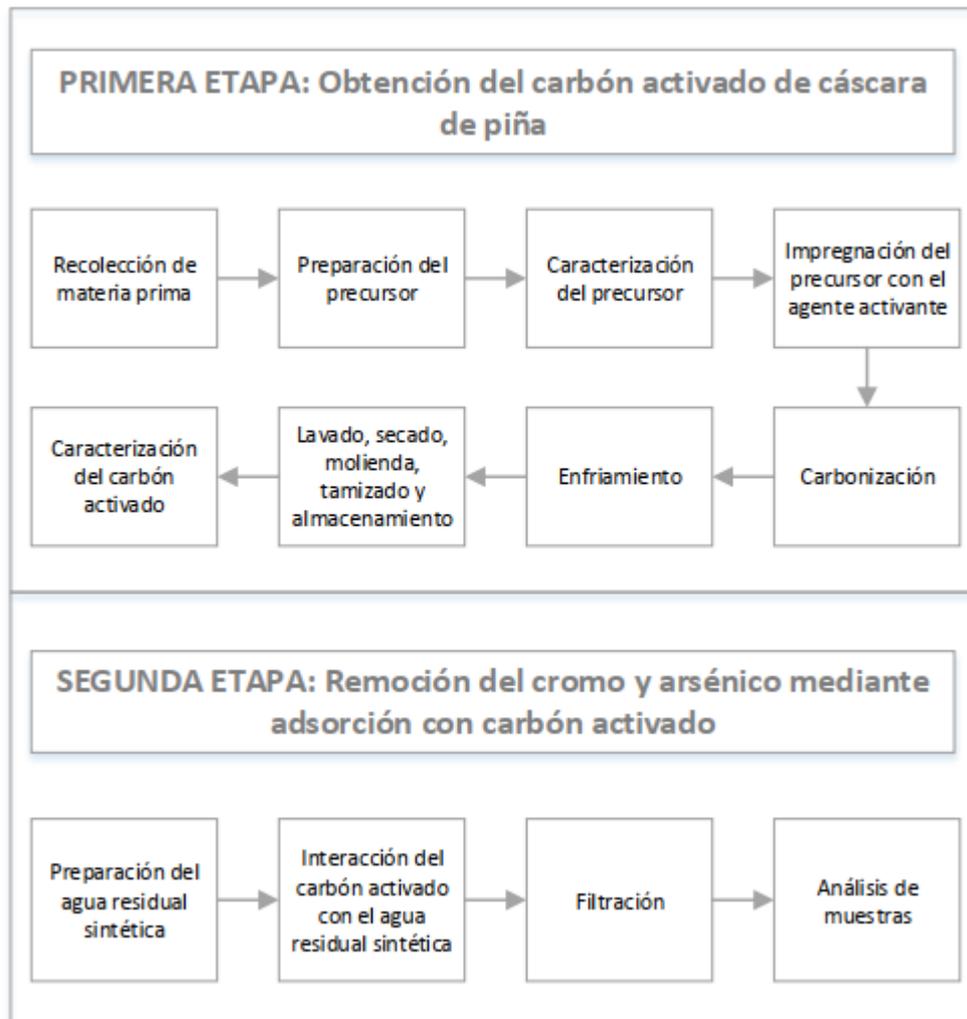
Nota: X_REy: Cantidad “X” de carbón activado por réplica “y”

b. Segunda etapa

En la segunda etapa, se prepararon las soluciones de agua residual sintética con cromo y arsénico por separado. Posteriormente, se añadió carbón activado a las muestras de las soluciones preparadas y se llevó a cabo el análisis de concentración y cálculo del porcentaje de remoción. Finalmente, se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

En la Figura 1, se muestran las dos etapas del diseño de estudio, iniciando con la recolección de materia prima hasta finalmente llegar al análisis de muestras y resultados.

Figura 1
Diseño de Estudio



Nota: El diseño de estudio consta de dos etapas.

4.2. Método de investigación.

El método que ha sido utilizado en este trabajo de investigación es el hipotético-deductivo, de acuerdo con Alan y Cortez (2018), es el procedimiento investigativo que empieza con la observación de un hecho o problema, luego plantea la formulación de una hipótesis que explica provisionalmente dicho problema, la misma que mediante procesos de deducción, determina las consecuencias básicas de la propia hipótesis, para de esta forma someterla a verificación refutando o ratificando el planteamiento hipotético inicial. (Abad, Apolo y Delgado, 2018).

4.2.1 Desarrollo de la investigación

Para la elaboración del carbón activado se usó como precursor la cáscara de piña "*Ananas comosus*", esta cascara fue recolectada de diversas juguerías, las cuales usan piña hawaiana para la preparación de sus jugos.

El procedimiento experimental para la caracterización, obtención del carbón y preparación de muestras se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao.

A continuación, se detallan los diferentes procesos de la ejecución del diseño experimental:

4.2.1.1 Primera Etapa: Obtención del carbón activado

- **Recolección de materia prima**

La recolección de piña se realizó en las juguerías, en total se recolectó 2.673 Kg de cascara de piña.

- **Preparación del precursor**

Se procedió a retirar los restos de pulpa de las cáscaras de piña, posteriormente las cáscaras fueron lavadas con agua desionizada caliente para eliminar la presencia de compuestos indeseables como azúcares, suciedad y elementos solubles en el agua, luego las cáscaras de piña fueron trozadas en fracciones con un tamaño entre 2 cm y 4 cm aproximadamente. Luego fueron puestas en la estufa a 80 °C por un periodo de 24 horas, luego fueron trituradas hasta alcanzar tamaños menores a 5 mm, finalmente fueron puestas en vasos de precipitado y enfriados en el desecador hasta ser utilizadas.

- **Caracterización del precursor**

- a. Densidad aparente

Para el cálculo de la densidad aparente se procedió a llenar una probeta de 10 cm³ y se golpeó suavemente hasta observar que el volumen ya no sufrió una variación considerable, luego se realiza el pesado del contenido de la probeta y se calcula la densidad aparente, de acuerdo a la NTP-15-000-1982, mediante la ecuación 1:

$$\text{Densidad aparente (g/ml)} = \frac{\text{Peso del material precursor (g)}}{\text{Volumen ocupado (ml)}} \quad (1)$$

b. Humedad

Para el cálculo del porcentaje de humedad contenido en el material precursor, se lavaron los crisoles y colocaron en la estufa a 110 °C durante 30 minutos, se pusieron en el desecador para posteriormente ser pesados, luego se pesaron 5 gramos de muestra en los crisoles y se colocaron en la estufa a 90 °C por un tiempo de 2.5 horas, luego se retiraron y colocaron en el desecador por 20 min para finalmente registrar sus pesos.

El porcentaje de humedad se determinó, de acuerdo a ASTM D3173-03, empleando la ecuación 2:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

A: Peso inicial del material precursor (g)

B: Peso seco del material precursor (g)

c. Material volátil

Para el cálculo del contenido de material volátil se lavaron los crisoles y colocaron en la estufa a 110 °C durante 30 minutos, se pusieron en el desecador para posteriormente ser pesados, luego se pesaron 5 gramos de muestra en los crisoles y se colocaron en la mufla a 700 °C durante 20 minutos, luego se retiraron y se dejaron enfriar en el desecador por 30 min para finalmente registrar sus pesos.

El porcentaje de material volátil se calculó, de acuerdo a ASTM D3175-02, empleando la ecuación 3:

$$\text{Material volátil (\%)} = \left[\frac{A - B}{A} \times 100 \right] - D \quad (3)$$

Donde:

A: Peso de la muestra inicial (g)

B: Peso de la muestra luego de calcinar (g)

C: Peso perdido (%) = $\left[\frac{A - B}{A} \times 100 \right]$

D: Humedad (%)

d. Ceniza

Para el cálculo del contenido del porcentaje de ceniza se lavaron los crisoles y se colocaron en la estufa a 110 °C durante 30 minutos, se pusieron en el desecador para posteriormente ser pesados, luego se pesaron 5 gramos de material precursor en los crisoles y se colocaron en la mufla a 700 °C durante 1 hora, luego se retiraron y se dejaron enfriar en el desecador por 45 minutos para finalmente registrar sus pesos.

El porcentaje de ceniza se calculó, de acuerdo a ASTM D3174-04, empleando la ecuación 4:

$$\text{Ceniza (\%)} = \frac{A - B}{C} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

A: Peso de la capsula y residuo de ceniza (g)

B: Peso de la capsula vacía (g)

C: Peso inicial del material precursor (g)

e. Carbono fijo

El porcentaje de carbono fijo se calculó de acuerdo con la norma ASTM D-1762, mediante la ecuación 5:

$$\% \text{ CF} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Material volátil} + \% \text{ Ceniza}) \quad (5)$$

Donde:

% CF: porcentaje de carbono fijo

- **Elaboración de carbón activado con Ácido fosfórico**

a. Impregnación con Ácido fosfórico

El material precursor (cascara de piña seca y triturada) fue impregnada con una solución de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85% en una relación entre los gramos del agente activante y los gramos del material precursor igual a 1, luego se agregaron 200 ml de agua desionizada, dejándose en contacto por un tiempo de 24 horas a temperatura ambiente para la impregnación.

b. Carbonización

El material precursor impregnado con ácido fosfórico fue llevado a la estufa a 110°C durante 4 horas, luego para la carbonización se llevó a la mufla a una temperatura de 600°C durante 1 hora, posteriormente se dejó enfriar en el desecador.

c. Lavado, secado, molienda, tamizado y almacenamiento

El carbón activado obtenido fue lavado con abundante agua desionizada hasta obtener un pH cercano a 5, posteriormente el carbón activado se colocó en la estufa a una temperatura de 110°C durante 3 horas para su secado y se dejó enfriar en el desecador por 20 minutos, luego fue molido con un mortero y pilón hasta obtener un grano de malla #60 (250 µm). Finalmente fue pesado y almacenado en un envase plástico con tapa hermética y colocado en el desecador hasta ser usado para su caracterización y el proceso de adsorción de cromo.

• **Elaboración de carbón activado con Cloruro Férrico**

a. Impregnación con cloruro férrico

El material precursor (cascara de piña seca y triturada) fue impregnada con una solución de cloruro férrico (FeCl_3) en una relación entre los gramos del agente activante y los gramos del material precursor igual a 0.3, luego el cloruro férrico se diluyó en 100 ml de agua desionizada y posteriormente se agregó 100ml más de agua desionizada, dejándose en contacto por un tiempo de 24 horas a temperatura ambiente para la impregnación.

b. Carbonización

El material precursor impregnado con cloruro férrico fue llevado a la estufa a 110°C durante 4 horas, luego para la carbonización se llevó a la mufla a una temperatura de 600°C durante 1 hora, posteriormente se dejó enfriar en el desecador.

c. Secado, molienda y almacenamiento

El carbón activado obtenido se colocó en la estufa a una temperatura de 110°C durante 3 horas para su secado y colocado en el desecador por 20 minutos, luego fue molido

con un mortero y pilón hasta obtener un grano de malla #60 (250 μm). Finalmente fue almacenado en un envase plástico con tapa hermética y colocado en el desecador hasta ser usado para su caracterización y el proceso de adsorción de arsénico.

- **Caracterización del carbón activado de cascara de piña**

- a. Rendimiento

Para el cálculo del rendimiento del material precursor, se usó la ecuación 6:

$$Y (\%) = \frac{M_{CA}}{M_P} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

M_{CA} : masa del carbón activado (g)

M_P : masa del precursor (g)

- b. Densidad aparente

Para el cálculo de la densidad aparente se procedió a llenar una probeta de 10 cm^3 con carbón activado y se golpeó suavemente hasta observar que el volumen ya no sufrió una variación considerable, luego se realiza el pesado del contenido de la probeta y se calcula la densidad aparente, de acuerdo con la NTP-15-000-1982, mediante la ecuación 7:

$$\text{Densidad aparente (g/ml)} = \frac{\text{Peso del carbón activado (g)}}{\text{Volumen ocupado (ml)}} \quad (7)$$

- c. pH

Para el cálculo del pH se colocó el carbón activado con ácido fosfórico en la estufa a 110°C durante una hora, luego se pesó aproximadamente 1 gramo de carbón activado, se transfirió a un vaso de precipitado de 100 ml y se añadió 100 ml de agua, luego se colocó en el agitador magnético a 400 rpm durante 1 hora, finalmente las muestras se dejaron estabilizar por 5 minutos y se les midió el pH. (Yampasi, 2017).

d. Humedad

Para calcular el porcentaje de humedad del carbón activado, se lavaron los crisoles y colocaron en la estufa a 110 °C durante 30 minutos, se pusieron en el desecador por 15 minutos para posteriormente ser pesados, luego se pesó 1 gramo de muestra aproximadamente en los crisoles y se colocaron en la estufa a 105°C por un tiempo de 4 horas, luego se retiraron y se dejaron enfriar en el desecador por 15 min para finalmente registrar sus pesos. (Yampasi, 2017).

El porcentaje de humedad se determinó mediante la ecuación contenida en la norma ASTM D-1762, ecuación 8:

$$\text{Humedad (\%)} = \left(\frac{A - B}{A} \right) \times 100 \quad (8)$$

Donde:

A: Peso inicial del carbón activado (g)

B: Peso seco del carbón activado (g)

e. Material volátil y Cenizas

Para el cálculo de los porcentajes de material volátil y cenizas se precalentó un crisol en la mufla a 500°C durante 15 minutos, se dejó enfriar y se colocó en un desecador, luego se pesaron muestras de 1 gramo aproximadamente de carbón activado con ácido fosfórico. Los crisoles con las muestras de carbón activado fueron colocados en la mufla a 500°C durante 3 horas, finalmente se retiraron del horno, y enfriaron en un desecador para ser pesados nuevamente.

El porcentaje de materia volátil y porcentaje de cenizas se determinó mediante la ecuación contenida en la norma ASTM D-2866-94:

Los porcentajes de materia volátil y porcentaje de cenizas se calcularon, de acuerdo con ASTM D-2866-94, empleando las ecuaciones 9 y 10.

Para el porcentaje de ceniza:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra seca (g)}} \times 100 \quad (9)$$

Para el porcentaje de materia volátil:

$$\% \text{ Material volátil} = \frac{\text{Peso de componentes volátiles (g)}}{\text{Peso de muestra seca (g)}} \times 100 \quad (10)$$

f. Carbono fijo

El porcentaje de carbono fijo se calculó de acuerdo con la norma ASTM D-1762, mediante la ecuación 11:

$$\% \text{ CF} = 100 - (\% \text{ Material volátil} + \% \text{ Ceniza}) \quad (11)$$

Donde:

% CF: porcentaje de carbono fijo

4.2.1.2 Segunda Etapa: Remoción del Cromo y Arsénico mediante adsorción con carbón activado

- **Remoción del Cromo**

- a. Preparación del agua residual sintética

Se preparó una solución estándar de cromo con una concentración de 100 mg/l, utilizando dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ marca Merck y agua desionizada, a partir del cual se prepararon soluciones de 500 ml con una concentración de 2.5 mg/l, las que finalmente se utilizaron para verificar la remoción del carbón activado. El pH de las soluciones se ajustó a valores entre 4 y 5.

- b. Interacción del carbón activado con el agua residual sintética

Los ensayos de adsorción de cromo se realizaron en un sistema batch, usando 0.5, 1 y 1.5 gramos de carbón activado con ácido fosfórico, los cuales se pusieron en contacto con las muestras de agua

residual sintética de 500ml con una concentración de cromo de 2.5 mg/l, luego se colocaron en el test de jarras a 300 rpm durante 3 horas a temperatura ambiente.

c. Filtración

Al finalizar la etapa de adsorción, las fases fueron separadas por filtración usando papel filtro Whatman Nro. 40. Las muestras de agua residual sintética remanentes fueron preservadas para su posterior análisis.

d. Análisis de muestras

Las muestras de agua residual sintética que fueron filtradas se preservaron en envases de plástico y el pH fue previamente regulado con HNO₃ hasta obtener valores menores a 2, finalmente fueron refrigerados a 5.8 °C hasta su entrega al laboratorio Hidrolab Perú S.A.C. para su análisis.

e. Determinación del porcentaje de remoción de cromo

El porcentaje de remoción se determinó mediante la ecuación 12:

$$\text{Remoción (\%)} = \left(\frac{C_0 - C_f}{C_0} \right) \times 100 \quad (12)$$

Donde:

C₀: Concentración inicial de cromo (mg/l)

C_f: Concentración final de cromo (mg/l)

• **Remoción del arsénico**

a. Preparación del agua residual sintética

Se preparó una solución estándar de arsénico con una concentración de 100 mg/l, utilizando arseniato de sodio heptahidratado Na₂HAsO₄·7H₂O marca Merck y agua desionizada, a partir del cual se prepararon soluciones de 500 ml con una concentración de 1.5 mg/l, las que finalmente se

utilizaron para verificar la remoción del carbón activado. El pH de las soluciones se ajustó a valores entre 4 y 5.

b. Interacción del carbón activado con el agua residual sintética

Los ensayos de adsorción de arsénico se realizaron en un sistema batch, usando 0.5, 1 y 1.5 gramos de carbón activado con cloruro férrico, los cuales se pusieron en contacto con las muestras de agua residual sintética de 500 ml con una concentración de arsénico de 1.5 mg/l, luego se colocaron en el test de jarras a 300 rpm durante 3 horas a temperatura ambiente.

c. Filtración

Al finalizar la etapa de adsorción, las fases fueron separadas por filtración usando papel filtro Whatman Nro. 40. Las muestras de agua residual sintética remanentes fueron preservadas para su posterior análisis.

d. Análisis de muestras

Las muestras de agua residual sintética que fueron filtradas se preservaron en envases de plástico y el pH fue previamente regulado con HNO₃ hasta obtener valores menores a 2, finalmente fueron refrigerados a 5.8 °C hasta su entrega al laboratorio Hidrolab Perú S.A.C. para su análisis.

e. Determinación del porcentaje de remoción de arsénico

El porcentaje de remoción se determinó mediante la ecuación 12:

$$\text{Remoción (\%)} = \left(\frac{C_0 - C_f}{C_0} \right) \times 100 \quad (12)$$

Donde:

C₀: Concentración inicial de arsénico (mg/l)

C_f: Concentración final de arsénico (mg/l)

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población en este trabajo de investigación corresponde a los 10 L de aguas residuales sintéticas con cromo y arsénico.

4.3.2. Muestra

La cantidad de muestra a considerar fueron 10 alícuotas de 500 ml de agua residuales sintéticas con cromo a una concentración de 2.5 mg/L y 10 alícuotas de 500 ml con arsénico a una con una concentración de 1.5 mg/L.

4.4. Lugar del estudio y periodo de desarrollo

El desarrollo de la investigación tuvo lugar en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao. La fase experimental se desarrolló durante los meses julio – agosto del 2022.

Figura 2

Lugar del desarrollo de la investigación



Nota: Vista Satelital de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales. Coordenadas UTM - 12.061250372585983, -77.1171887058228

Figura 3

Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales



Nota: Vista interior del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1. Técnicas

La técnica que se utilizó en esta investigación fue la observación experimental, dado que se manipularon las variables para corroborar la hipótesis. De acuerdo con lo señalado por Hernández, Fernández & Baptista (2014), la observación como una técnica de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables (p. 260).

Según Alan y Cortez (2018), teniendo en cuenta el lugar donde se realiza la observación, se realizó una observación de laboratorio. En este tipo de observación el objeto de estudio es trasladado a un lugar de mayor control (laboratorio) con el propósito de analizarlo, por lo cual existe una mayor facilidad de manipulación de las variables de estudio. (p. 28).

Se experimentaron con diferentes tratamientos, considerando compuestos de diferentes masas de carbón activado y finalmente se analizaron el porcentaje de remoción de cromo y arsénico en aguas residuales sintéticas. Para determinar la cantidad de remoción de cromo y arsénico se partió de la definición dada por Torres et al. (2018), quienes indican que la remoción es la diferencia entre la concentración inicial y la concentración final de cromo y arsénico después de finalizado el tratamiento (adsorción con el carbón activado).

Para los análisis de concentración de cromo y arsénico en aguas residuales sintéticas, éstas fueron realizadas en un laboratorio acreditado por INACAL, en donde el método de ensayo de laboratorio fue: APHA, AWWA WPCF (Standard methods) for the examination of wáter and wastewater 21 edition,2002.

4.5.2. Instrumentos

Los instrumentos que fueron utilizados para la recolección de datos son las fichas de recolección de datos. Las fichas de recolección de datos se encuentran en los anexos 2, 3 y 4 (Ficha de recolección de datos I y II y la Ficha de registro de resultados). La validación de dichas fichas se encuentra en el anexo 5.

4.5.2.1 Equipos

Los equipos de laboratorio que se usaron para el desarrollo de la parte experimental se muestran en la Tabla 7:

Tabla 7
Equipos de laboratorio

EQUIPO	MODELO	USO
Balanza analítica	OHAUS - Pioneer	Pesado de muestras
Estufa	Memmert UF55	Secado de muestras, crisoles y capsulas de porcelana
Mufla	Nabertherm	Activación del carbono, secado de materia volátil, obtención de ceniza
Multiparámetro	Hanna	Medición del pH
Floculador – Test de Jarras	-	Para determinar la dosis óptima de carbon activado
Incubadora	Blue Pard	Preservación de soluciones y muestras
Agitador magnético	Cimarec i Poly 15 y Multipoint / Thermo Scientific	Caracterización del carbón activado
Desecador	-	Secar y preservar muestras

4.5.2.2 Materiales

Vasos de precipitado (1000 ml y 100 ml), bagueta, pipeta, propipeta, capsulas de porcelana, crisoles de porcelana, mortero, pilón, vidrios de reloj, matraces Erlenmeyer, embudos 100mm, probetas (100 y 10 cm³), tamices.

4.5.2.3. Reactivos

Los reactivos usados para la parte experimental se detallan en la Tabla 8:

Tabla 8.
Reactivos

REACTIVO
Agua desionizada
Ácido fosfórico (H ₃ PO ₄) al 85%
Dicromato de potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇)
Cloruro férrico hexahidratado (FeCl ₃ .6H ₂ O)
Arseniato de sodio heptahidratado (Na ₂ HAsO ₄ .7H ₂ O)
NaOH
HCl

4.5.2.4. Insumos

Se recolectó 2.673 kg de cáscara de piña provenientes de diferentes juguerías de los Mercados N°2 y Cosmos ubicados en el distrito de Surquillo, Lima.

Figura 4

Lugar de recolección de cáscara de piña



Nota: Mercado N°2 de Surquillo.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

El procesamiento estadístico se realizó mediante la metodología de análisis de varianza (ANOVA) de un factor, los datos fueron procesados con los programas Minitab y Microsoft Excel. El análisis se complementó con el método de Tukey para determinar las diferencias entre cada unidad experimental.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Caracterización del material precursor

Como material precursor se empleó la cascara de piña, se realizaron pruebas por triplicado para obtener datos de densidad aparente, humedad, material volátil, ceniza y carbono fijo. En las tablas 9, 10, 11, 12 y 13 se muestran los resultados obtenidos:

a. Densidad aparente

Tabla 9

Resultados del cálculo de densidad aparente del precursor

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	g/cm ³	0.473
2	g/cm ³	0.516
3	g/cm ³	0.497

b. Humedad

Tabla 10

Resultados del cálculo de porcentaje de humedad del precursor

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	4.521
2	%	4.495
3	%	4.308

c. Material volátil

Tabla 11

Resultados del cálculo de porcentaje de material volátil del precursor "Ananas comusus"

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	78.219
2	%	73.389
3	%	74.049

d. Ceniza

Tabla 12

Resultados del cálculo de porcentaje de porcentaje de ceniza del precursor

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	8.874
2	%	4.201
3	%	5.239

e. Carbono fijo

Tabla 13

Resultados del cálculo de porcentaje de carbono fijo del precursor

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	12.397
2	%	13.951
3	%	13.934

Posteriormente se realizó el cálculo de la estadística descriptiva a partir de los resultados obtenidos en las tablas anteriores referidas a la densidad aparente, humedad, material volátil, cenizas y carbón fijo del precursor:

Tabla 14

Estadística descriptiva de los resultados de la caracterización del precursor

Características del precursor	Estadística descriptiva						
	N	Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Densidad aparente	3	0.496	0.012	0.498	0.022	0.473	0.516
Humedad	3	4.442	0.067	4.496	0.117	4.308	4.521
Material volátil	3	75.219	1.512	74.045	2.619	73.389	78.219
Cenizas	3	6.105	1.417	5.239	2.454	4.201	8.874
Carbón fijo	3	13.427	0.515	13.934	0.892	12.397	13.951

5.1.2. Caracterización del carbón activado con ácido fosfórico

Como material precursor se empleó la cascara de piña y como agente activante se usó ácido fosfórico, se realizaron pruebas por triplicado para obtener datos de rendimiento, densidad aparente, humedad, material volátil, ceniza y carbono fijo. En la tabla se encuentran los resultados obtenidos:

a. Rendimiento

Tabla 15

Resultados del cálculo de rendimiento del carbón activado

Descripción	Unidad	Cantidad
Masa del carbón activado	g	26.571
Masa del precursor	g	65.956
Rendimiento del carbón activado	%	40.286

b. Densidad aparente

Tabla 16

Resultados del cálculo de la densidad aparente del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	g/cm ³	0.622
2	g/cm ³	0.645
3	g/cm ³	0.622

c. pH

Tabla 17

Resultados del pH medido del carbón activado

N° de Prueba	Cantidad
1	2.250
2	2.280
3	2.270

d. Humedad

Tabla 18

Resultados del cálculo del porcentaje de humedad del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	11.843
2	%	11.242
3	%	11.813

e. Material volátil

Tabla 19

Resultados del cálculo del porcentaje de material volátil del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	43.754
2	%	41.799
3	%	46.815

f. Ceniza

Tabla 20

Resultados del cálculo del porcentaje de ceniza del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	38.073
2	%	40.117
3	%	36.869

g. Carbono fijo

Tabla 21

Resultados del cálculo de carbono fijo del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	18.173
2	%	18.082
3	%	16.315

Posteriormente se realizó el cálculo de la estadística descriptiva con los resultados obtenidos en los cálculos de densidad aparente, pH, humedad, material volátil, cenizas y carbón fijo del carbón activado con ácido fosfórico:

Tabla 22

Estadística descriptiva de los resultados de la caracterización del carbón activado con ácido fosfórico

Características del precursor	Estadística descriptiva						
	N	Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Densidad aparente	3	0.629	0.007	0.622	0.013	0.622	0.645
pH	3	2.267	0.008	2.270	0.015	2.250	2.280
Humedad	3	11.632	0.195	11.812	0.338	11.242	11.843
Material volátil	3	44.123	1.459	43.754	2.528	41.799	46.815
Cenizas	3	38.353	0.948	38.073	1.642	36.869	40.118
Carbón fijo	3	17.523	0.604	18.082	1.047	16.315	18.173

5.1.3. Caracterización del carbón activado con cloruro férrico

Como material precursor se empleó la cascara de piña y como agente activante se usó cloruro férrico, se realizaron pruebas por triplicado para obtener datos de rendimiento, densidad aparente, humedad, material volátil, ceniza y carbono fijo. En la tabla se encuentran los resultados obtenidos:

a. Rendimiento

Tabla 23

Resultados del cálculo de rendimiento del carbón activado

Descripción	Unidad	Cantidad
Masa del carbón activado	g	27.195
Masa del precursor	g	90.009
Rendimiento del carbón activado	%	30.214

b. Densidad aparente

Tabla 24

Resultados del cálculo de la densidad aparente del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	g/cm ³	0.627
2	g/cm ³	0.626
3	g/cm ³	0.628

c. Ph

Tabla 25

Resultados del pH medido del carbón activado

N° de Prueba	Cantidad
1	2.200
2	2.300
3	2.260

d. Humedad

Tabla 26

Resultados del cálculo del porcentaje de humedad del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	4.522
2	%	5.893
3	%	5.247

e. Material volátil

Tabla 27

Resultados del cálculo del porcentaje de material volátil del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	30.336
2	%	27.688
3	%	22.035

f. Ceniza

Tabla 28

Resultados del cálculo del porcentaje de ceniza del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	56.142
2	%	58.229
3	%	63.707

g. Carbono fijo

Tabla 29

Resultados del cálculo de carbono fijo del carbón activado

N° de Prueba	Unidad	Cantidad
1	%	13.522
2	%	14.082
3	%	14.257

Posteriormente se realizó el cálculo de la estadística descriptiva con los resultados obtenidos en los cálculos de densidad aparente, pH, humedad, material volátil, cenizas y carbono fijo del carbón activado con cloruro férrico:

Tabla 30

Estadística descriptiva de los resultados de la caracterización del carbón activado con cloruro férrico

Características del precursor	Estadística descriptiva						
	N	Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Densidad aparente	3	0.627	0.001	0.627	0.001	0.626	0.628
pH	3	2.253	0.029	2.260	0.050	2.200	2.300
Humedad	3	5.221	0.396	5.247	0.686	4.522	5.893
Material volátil	3	26.686	2.448	27.688	4.239	22.035	30.336
Cenizas	3	59.359	2.256	58.229	3.907	56.142	63.707
Carbón fijo	3	13.954	0.222	14.082	0.384	13.522	14.257

5.1.4. Rendimiento del carbón activado

El rendimiento del carbón activado se determinó a través del cálculo del porcentaje de remoción de cromo y arsénico empleando la ecuación 12. El porcentaje de remoción depende de los siguientes factores: concentración inicial y concentración final de las muestras que fueron analizadas por el laboratorio Hidrolab Perú S.A.C. En la tabla 20 se pueden observar los rendimientos obtenidos.

- a. Resultados de análisis de muestras de agua residual sintética con cromo

Tabla 31

Resultados del análisis en laboratorio de la muestra en blanco

Masa de carbón activado (g)	Código	Concentración de Cromo (mg/l)
0	MB-CR-1	2,750

Tabla 32*Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 1 para cromo*

Masa de carbón activado (g)	Código	Concentración de Cromo (mg/l)
0.5	0.5_RE 1	0,810
1	1_RE 1	0,900
1.5	1.5_RE 1	0,740

Tabla 33*Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 2 para cromo*

Masa de carbón activado (g)	Código	Concentración de Cromo (mg/l)
0.5	0.5_RE 2	1,130
1	1_RE 2	0,790
1.5	1.5_RE 2	0,790

Tabla 34*Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 3 para cromo*

Masa de carbón activado (g)	Código	Concentración de Cromo (mg/l)
0.5	0.5_RE 3	0,600
1	1_RE 3	0,840
1.5	1.5_RE 3	0,820

- b. Resultados de análisis de muestras de agua residual sintética con arsénico

Tabla 35*Resultados del análisis en laboratorio de la muestra en blanco*

Masa de carbón activado (g)	Código	Concentración de Arsénico (mg/l)
0	MB-AR-1	1,488

Tabla 36

Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 1 para arsénico

Masa de carbón activado (g)	Código	Concentración de Arsénico (mg/l)
0.5	0.5_REA 1	0,526
1	1_REA 1	0,529
1.5	1.5_REA 1	0,436

Tabla 37

Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 2 para arsénico

Masa de carbón activado (g)	Código	Concentración de Arsénico (mg/l)
0.5	0.5_REA 1	0,309
1	1_REA 1	0,432
1.5	1.5_REA 1	0,447

Tabla 38

Resultados del análisis en laboratorio de la réplica 3 para arsénico

Masa de carbón activado (g)	Código	Concentración de Arsénico (mg/l)
0.5	0.5_REA 1	0,189
1	1_REA 1	0,430
1.5	1.5_REA 1	0,360

En las tablas 39 y 40 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los análisis de las muestras:

Tabla 39

Resumen de los resultados del análisis en laboratorio de las muestras con Cr

Masa de Carbón Activado (g)	Concentración inicial de Cr (mg/l)	Concentración final de Cr (mg/l)		
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
0,5	2.750	0.810	1.130	0.600
1,0	2.750	0.900	0.790	0.840
1,5	2.750	0.740	0.790	0.820

Tabla 40

Resumen de los resultados del análisis en laboratorio de las muestras con As

Masa de Carbón Activado (g)	Concentración inicial de As (mg/l)	Concentración final de As (mg/l)		
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
0,5	1.488	0.526	0.309	0.189
1,0	1.488	0.529	0.432	0.43
1,5	1.488	0.436	0.447	0.36

Figura 5

Concentración de Cr respecto a la masa de carbón activado

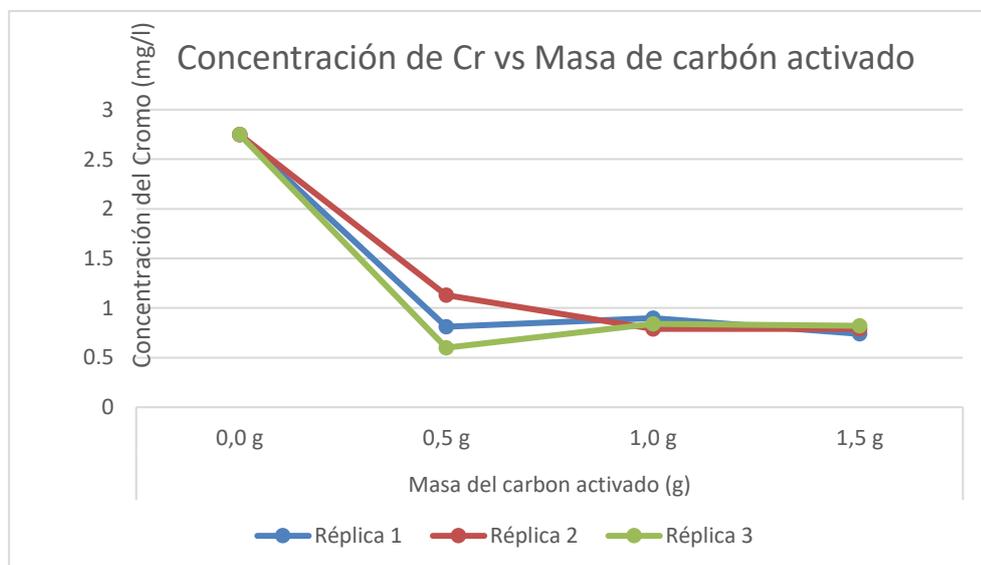
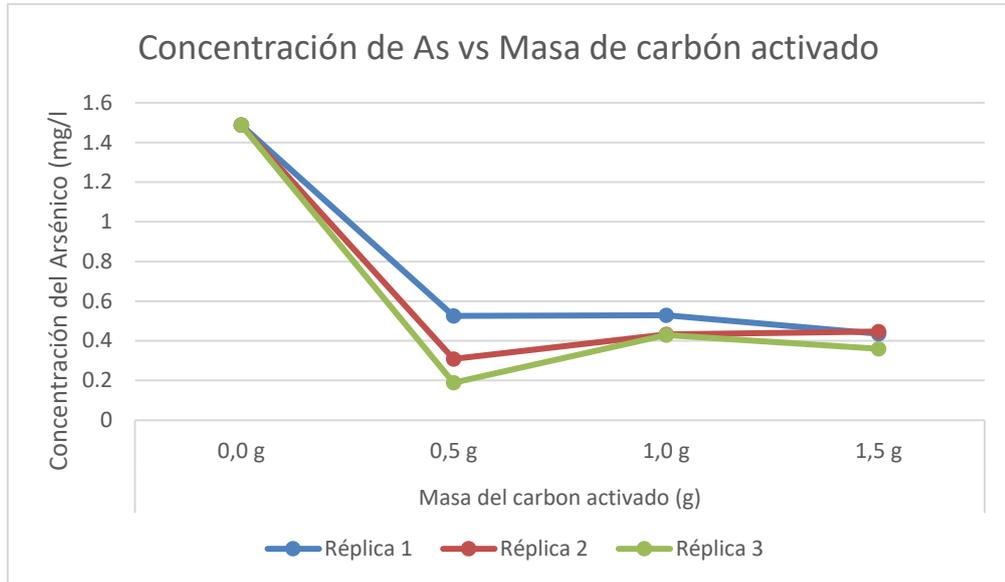


Figura 6

Concentración de As respecto a la masa de carbón activado



En las tablas 41 y 42 se muestra la estadística descriptiva de los resultados de concentración de cromo y arsénico obtenidos en laboratorio:

Tabla 41

Estadística descriptiva de los resultados de laboratorio (concentración final de Cr) para cada masa de carbón activado

Masa de Carbón Activado (g)	N	Estadística descriptiva					
		Mediana	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
0*	3	2.75	0	2.750	0	2.750	2.750
0.5	3	0.847	0.154	0.810	0.267	0.600	1.130
1	3	0.843	0.032	0.840	0.055	0.790	0.900
1.5	3	0.783	0.0233	0.790	0.040	0.740	0.820

Tabla 42

Estadística descriptiva de los resultados de laboratorio (concentración final de As) para cada masa de carbón activado

Masa de Carbón Activado (g)		Estadística descriptiva					
N	Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	
0*	3	1.488	0	1.488	0	1.488	1.488
0.5	3	0.341	0.098	0.309	0.171	0.189	0.526
1	3	0.467	0.033	0.432	0.056	0.430	0.529
1.5	3	0.414	0.027	0.436	0.047	0.360	0.447

c. Porcentaje de remoción de cromo

Tabla 43

Resultados del cálculo del porcentaje de remoción de cromo

Masa de carbón activado (g)	% Remoción de cromo		
	Replica 1	Replica 2	Replica 3
0.5	70.545	58.909	78.181
1	67.272	71.272	69.454
1.5	73.090	71.272	70.181

d. Porcentaje de remoción de arsénico

Tabla 44

Resultados del cálculo del porcentaje de remoción de arsénico

Masa de carbón activado (g)	% Remoción de arsénico		
	Replica 1	Replica 2	Replica 3
0.5	64.651	79.234	87.298
1	64.449	70.968	71.102
1.5	70.699	69.960	75.806

Figura 7

Variación del porcentaje de remoción de Cr respecto a la masa de carbón activado

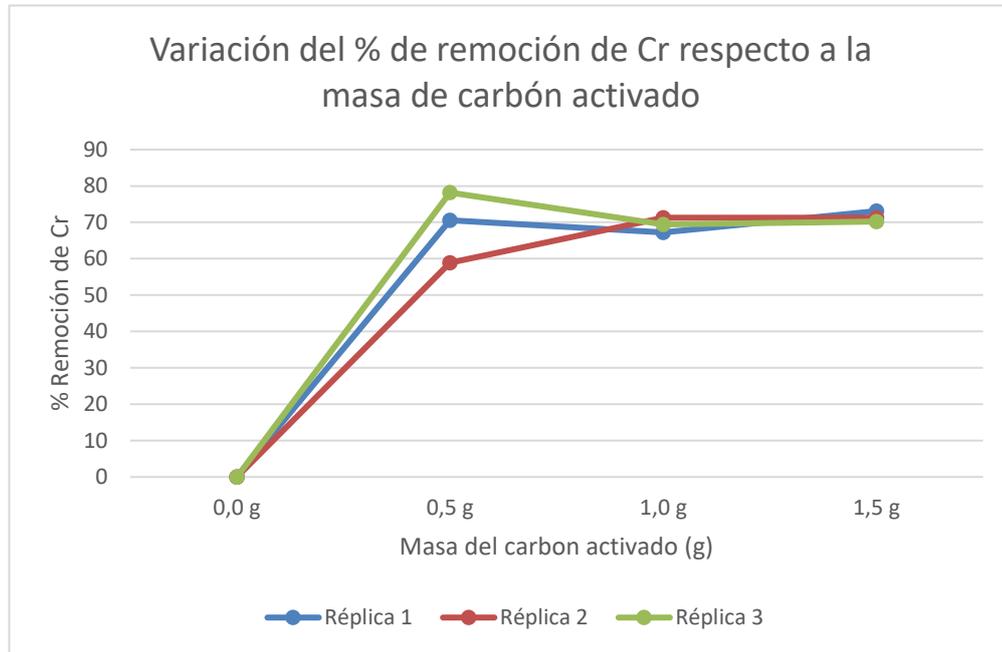


Figura 8

Variación del porcentaje de remoción de As respecto a la masa de carbón activado

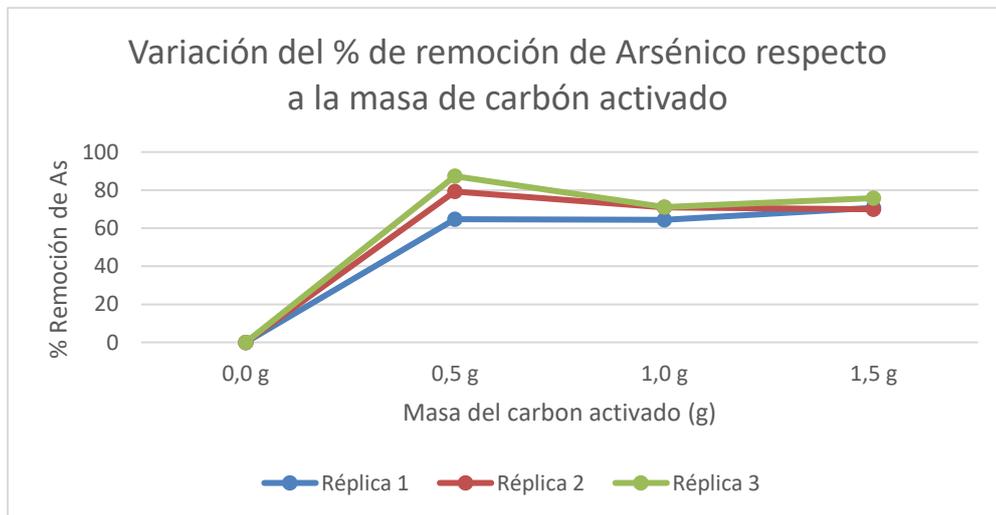


Tabla 45

Estadística descriptiva del % de remoción de Cr en el agua residual sintética

Masa de Carbón Activado (g)	Estadística descriptiva						
	N	Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
0*	3	0	0	0	0	0	0
0.5	3	69.21 69.33	5.603	70.545	9.705	58.909	78.182
1	3	71.51	1.156	69.454	2.003	67.272	71.273
1.5	3	71.51	0.848	71.272	1.469	70.182	73.091

Tabla 46

Estadística descriptiva del % de remoción de As en el agua residual sintética

Masa de Carbón Activado (g)	Estadística descriptiva						
	N	Media	Error estándar de la media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
0*	3	0	0	0	0	0	0
0.5	3	77.06 68.83	6.627	79.234	11.479	64.650	87.298
1	3	72.15	2.196	70.968	3.803	64.449	71.102
1.5	3	72.15	1.838	70.698	3.184	69.959	75.806

5.2. Resultados inferenciales

5.2.1. Remoción de cromo y arsénico

La remoción de cromo y arsénico se determinó a partir de las concentraciones iniciales (muestras en blanco) y las concentraciones finales del agua residual sintética sometida a tres diferentes tratamientos (0.5, 1 y 1.5 gramos).

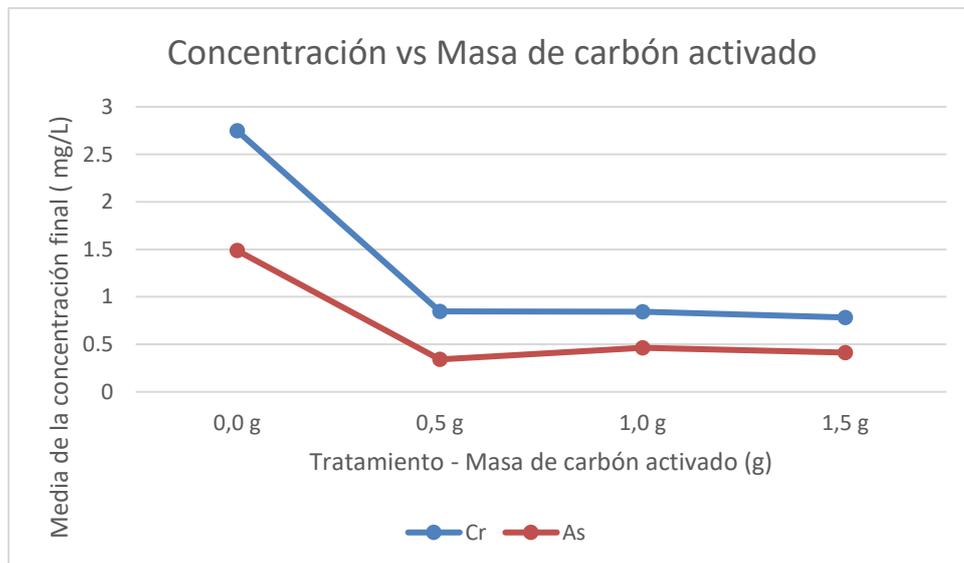
Tabla 47*Concentración inicial y final de las muestras con Cr*

Masa de Carbón Activado (g)	Concentración inicial de Cr (mg/l)	Concentración final de Cr (mg/l)		
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
0,0	2.75			
0,5	2.75	0.81	1.13	0.6
1,0	2.75	0.9	0.79	0.84
1,5	2.75	0.74	0.79	0.82

Tabla 48*Concentración inicial y final de las muestras con As*

Masa de Carbón Activado (g)	Concentración inicial de As (mg/l)	Concentración final de As (mg/l)		
		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
0,0	1.488			
0,5	1.488	0.526	0.309	0.189
1,0	1.488	0.529	0.432	0.43
1,5	1.488	0.436	0.447	0.36

De acuerdo con las tablas 47 y 48 se puede observar que ocurre una disminución respecto a las concentraciones iniciales de cromo y arsénico en las muestras de agua residual sintética.

Figura 9*Variación de la concentración de Cr y As respecto a la masa de carbón activado*

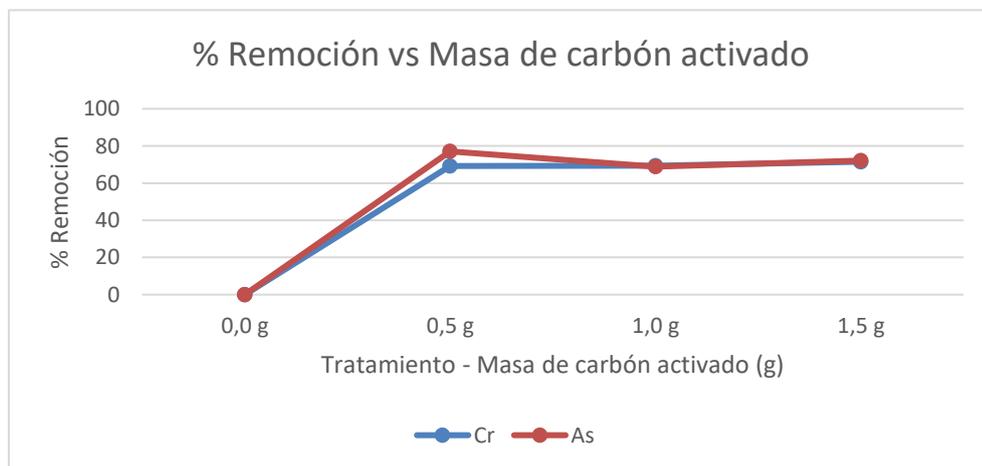
Para una mejor observación se representan los datos de las tablas 41 y 42 en la Figura 9. En esta figura se puede observar que la concentración de cromo va disminuyendo desde su concentración inicial de 2.75 mg/L sin aplicarle carbón activado a la muestra, luego va disminuyendo su concentración hasta llegar a una concentración final de 0.783 mg/L cuando se le agregan 1.5 gramos de carbón activado a la muestra de agua residual sintética.

En el caso del arsénico se observa que su concentración va disminuyendo desde su concentración inicial de 1.488 mg/L hasta llegar a una concentración mínima de 0.3413 mg/L cuando se le agregan 0.5 gramos de carbón activado para luego incrementarse a 0.4636 mg/L cuando se le agregó 1 gramo de carbón activado y finalmente vuelve a disminuir hasta 0.4143 mg/L cuando se le agregan 1.5 gramos de carbón activado a la muestra de agua residual sintética.

Finalmente, luego de establecer las concentraciones iniciales para el cromo y arsénico se proceden a hallar los porcentajes de remoción de cada uno, los datos de las tablas 45 y 46 (estadística descriptiva del % de remoción del cromo y arsénico en el agua residual sintética) se representan en la figura 10.

Figura 10

Variación del porcentaje de remoción de Cr y As respecto a la masa de carbón activado



De acuerdo con la figura 10 se observa que el porcentaje de remoción del cromo es proporcional a la masa de carbón activado, obteniéndose un porcentaje de remoción de cromo del 71.515 % para un tratamiento con 1.5 gramos de carbón activado. Respecto al arsénico, se puede observar que el mayor porcentaje de remoción

se obtiene para un tratamiento con 0.5 gramos de carbón activado, el cual es de 77.061%.

5.2.2. Masa de carbón activado para la máxima remoción de cromo y arsénico

La identificación del tratamiento (cantidad de masa de carbón activado de cascara de piña utilizado) para la máxima remoción de cromo y arsénico del agua residual sintética se realizó mediante el análisis de varianza de un factor (ANOVA) en el software Minitab a un nivel de confianza del 95%, para determinar la existencia de diferencias significativas entre los porcentajes de remoción, este análisis se trabajó por separado para cromo y arsénico.

Para el análisis de varianza se tomaron las siguientes consideraciones:

- Hipótesis nula: Todas las medias son iguales
- Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales
- Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Para la decisión respecto a la hipótesis, se analizó el valor de $F_{tratamiento}$ y se comparó con la $F_{crítica}$, ya que en caso de ser menor a la $F_{crítica}$ se procederá a aceptar la hipótesis nula y en caso de ser mayor o igual se rechazará.

Tabla 49

Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de remoción de cromo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F
PESOS	3	11041.4	3680.48	146.69
Error	8	200.7	25.09	
Total	11	11242.2		

Tabla 50

Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de remoción de arsénico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F
PESOS	3	11989.7	3996.57	102.23
Error	8	312.7	39.09	
Total	11	12302.5		

Como se observa en las tablas 51 y 52 el valor de $F_{\text{tratamiento}}$ es mayor a $F_{\text{crítica}}$ por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir que hay diferencias significativas entre los porcentajes de remoción obtenidos luego de los tratamientos (pesos de carbón activado), lo cual se interpreta como la confirmación de la existencia de una variación en los porcentajes de remoción del cromo y arsénico respecto al peso de carbón activado de cascara de piña empleado para la adsorción.

Posteriormente se utilizó la prueba de Tukey, una prueba post hoc usada para determinar las diferencias significativas entre grupos (pesos de carbón activado), mediante ella se planeaba identificar a que peso le corresponde el mayor porcentaje de remoción de cromo y arsénico.

Para la prueba de Tukey se tomaron las siguientes consideraciones:

- Hipótesis nula: Todas las medias son iguales
- Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales
- Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 51

Método Tukey para una confianza del 95% aplicado a los porcentajes de remoción de cromo

PESOS	N	Media	Agrupación
1.5	3	71.515	A
1.0	3	69.33	A
0.5	3	69.21	A
0.0	3	0.000000	B

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 52

Método Tukey para una confianza del 95% aplicado a los porcentajes de remoción de arsénico

PESOS	N	Media	Agrupación
0.5	3	77.06	A
1.5	3	72.16	A
1.0	3	68.84	A
0.0	3	0.000000	B

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Los resultados de la prueba de Tukey mostrados en las tablas 51 y 52 muestran que la media que no comparte una letra con el resto es cuando no se agregó carbón activado de cascara de piña a la muestra de agua residual sintética, es decir para el tratamiento con 0 gramos de carbón activado, es por ello que para determinar la cantidad de masa óptima para la remoción de cromo y arsénico se procedió a observar cuál de los tratamientos que comparten la misma letra presentaba la mayor media, por ello de acuerdo a las tablas 51 y 52 se puede observar que para la mayor remoción del cromo la masa de carbón activado aplicado es de 1.5 gramos de carbón activado de cascara de piña y para la mayor remoción de arsénico es de 0.5 gramos de carbón activado de cascara de piña.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de las hipótesis con resultados

6.1.1. Contrastación de la hipótesis general con los resultados

La presente investigación plantea como hipótesis general lo siguiente: Se removerá cromo y arsénico del agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña *Ananas comosus*.

De acuerdo a los resultados conseguidos, se pueden obtener remociones de cromo desde el 69.212 % y remociones de arsénico desde el 68.840 % respecto a sus concentraciones iniciales en el agua residual sintética; por lo tanto, se acepta la hipótesis general.

6.1.2. Contrastación de la hipótesis específica con los resultados

La hipótesis específica lo siguiente: La mayor cantidad de carbón activado obtenido de cáscara de piña *Ananas comosus* tendrá una adsorción significativa de cromo del agua residual sintética. De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el método Tukey mostrados en la Tabla 53 se puede observar que existe una diferencia significativa entre el porcentaje de remoción obtenido cuando se aplica la mayor cantidad de carbón activado (71.515 %) y el porcentaje cuando no se aplicó carbón activado a la muestra de agua residual sintética (00.000 %), por lo tanto, se acepta la variable alternativa.

La hipótesis específica lo siguiente: La mayor cantidad de carbón activado obtenido de cáscara de piña "*Ananas comosus*" tendrá una adsorción significativa de arsénico del agua residual sintética. De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el método Tukey mostrados en la Tabla 54 se puede observar que existe una diferencia significativa entre el porcentaje de remoción obtenido cuando se aplica la mayor cantidad de carbón activado (72.16 %) y el porcentaje cuando no se aplicó carbón activado (00.000 %), por lo tanto, se acepta la variable alternativa, sin embargo se aclara que con la mayor cantidad de carbón activado no se obtiene el mayor porcentaje de remoción, pues el mayor porcentaje de remoción (77.06 %) se obtiene cuando se agregan 0.5 gr de carbón activado a la muestra de agua residual sintética.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

A partir de los resultados obtenidos se procederá a analizar si es viable el uso de la cascara de piña como precursor para la elaboración de carbón activado, el cual ha sido utilizado para la remoción del cromo y arsénico del agua residual sintética y finalmente se determinó la masa optima de carbón activado para la remoción de cromo y arsénico.

a. Viabilidad de la cascara de piña como material precursor:

Cómo material precursor se usó la cascara de piña deshidratada, la cual tiene una consistencia rígida al tacto, Según Ruiz (2018), un buen precursor de carbón activado se debe caracterizar por presentar un bajo contenido de cenizas y un alto porcentaje de carbono fijo y material volátil, ya que estas características permitirán un adecuado desarrollo de la porosidad durante la activación.

Según Suárez y Ubillus (2022) mientras mayor sea el porcentaje de humedad mayor será el tiempo de carbonización de la materia prima y por lo tanto se producirá un mayor consumo energético, respecto al porcentaje de materia volátil este es inversamente proporcional a la capacidad de adsorción ya que el material volátil se aloja en los poros del carbón activado como material alquitranado, respecto al porcentaje de cenizas este no aporta a la capacidad adsortiva del carbón activado por lo tanto es beneficioso que el precursor presente bajos porcentajes de este parámetro, finalmente el porcentaje de carbono fijo es importante debido a que representa el contenido de materia orgánica que se convertirá en la estructura del carbón activado.

En la tabla 53 se observa el promedio de las pruebas realizadas para la caracterización de la cascara de piña como precursor de la elaboración de carbón activado.

Tabla 53

Caracterización de la cascara de piña usada para la producción de carbón activado

Precursor	Humedad (%)	Material volátil (%)	Ceniza (%)	Carbono fijo (%)	Densidad (g/cm³)
Cascara de piña (<i>Ananas comosus</i>)	5.221	26.686	59.359	13.954	0.624

En la tabla 54 se incluyen los datos de caracterización de algunos precursores de carbón activado.

Tabla 54

Caracterización de algunos precursores usados para la producción de carbón activado

Precursor	Humedad (%)	Material volátil (%)	Ceniza (%)	Carbono fijo (%)	Densidad (g/cm³)	Fuente
Cáscara de naranja	2.383	87.049	6.178	4.390	0.363	Ruiz (2018)
Epispermo de lúcuma	5.54	70.96	0.16	23.34	-	Suárez y Ubillus (2022)
Semilla de aguaje	8.4	81.6	2.5	-	-	Obregón (2012)
Semilla de aceituna	12.9	80.9	0.73	-	-	
Cascarilla de café	9.33	-	0.9	-	0.387	Solís et al. (2012)
Bagazo de caña	6.9	-	13	-	0.167	
Cáscara de coco	8.5	68.70	1.30	21.50	-	Bastidas et al. (2010)

En base a la información presentada en las tablas 53 y 54 se observa que la cascara de piña tiene el porcentaje más bajo de humedad en comparación a los otros precursores a excepción de la cascara de naranja. El porcentaje de material volátil de la cáscara de piña es significativamente menor que en todos los precursores;

en cuanto al porcentaje de cenizas, presenta un valor mayor al del resto de precursores. El valor del porcentaje de carbón fijo de la cascara de piña es menor a los precursores a excepción de la cascara de naranja. Finalmente, se observa que la densidad de la cáscara de piña es mayor que la de otros precursores.

Además del carbón activado obtenido de cáscara de piña utilizado en nuestra investigación para la eliminación de Cr y As, existen diversas investigaciones que emplean diferentes tipos de materia prima orgánica como precursores para la obtención de carbón activado destinado a la remoción de varios metales. A continuación, en la tabla 55 se presenta el porcentaje de remoción de diversos metales utilizando carbones activados provenientes de diversos precursores.

Tabla 55
Porcentaje de Remoción de distintos carbones activados

Precursor	Metal adsorbido	% remoción	Fuente
Cáscara de Piña	Cr	71.51%	El presente estudio.
	As	77.06%	
Cáscara de naranja	Pb (II)	98.8%	Ruiz (2018)
Semilla de aguaje	Pb	97%	Quevedo & Rosales (2019)
	Cr	72%	
Tallo y hojas de cañihua	Au	97.45%	Yampasi (2017)
Semillas de eucalipto	Pb	99.8%	Aguirre (2017)
	As	70.3%	
Cáscara de Moringa	Cr	90%	Losada, Soto & Artunduaga (2015)
Tela de algodón	As	85.55%	Sánchez (2017)
Cáscara de Piña	Cd(II)	98.5%	Dorregaray (2018)
	Pb(II)	87.65%	

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente trabajo de investigación, de acuerdo con el Reglamento del Código de Ética de la Investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobado con Resolución de Consejo Universitario N°260-2019-CU. La investigación ha sido realizada respetando los principios éticos, así como también el reglamento de propiedad intelectual aprobada mediante resolución N° 1206-2019-R. Los autores asumen total responsabilidad del contenido de la presente tesis, de manera que no se falsificaron o modificaron datos o resultados de forma parcial o total durante su desarrollo.

CONCLUSIONES

La cáscara de piña *Ananas comosus* es un material precursor que presenta características idóneas para la producción de carbón activado debido a su densidad aparente, contenido de material volátil, contenido de cenizas y carbón fijo. En lo referido al rendimiento del carbón activado, se obtuvo 26.57 g de carbón activado de cáscara de piña por activación química con ácido fosfórico a partir de 65.96 gr de cáscara de piña obteniendo un rendimiento del 40.28%, en el caso del carbón activado con cloruro de hierro se obtuvo 27.2 g a partir de 90 gr de cáscara de piña, alcanzando un rendimiento de 30.21%.

La mayor remoción de cromo se obtuvo en el tratamiento 0.5_RE 3 siendo de 78.181 % y en el caso del arsénico la mayor remoción fue en el tratamiento 0.5_REA 3 obteniendo un valor de 87.298%.

La masa óptima de carbón activado de cascara de piña para la adsorción de cromo en agua residual sintética es 1.5 g, teniendo un porcentaje promedio de remoción de 71.51%.

La masa óptima de carbón activado de cascara de piña para la adsorción de arsénico en agua residual sintética es 0.5 g, teniendo un porcentaje promedio de remoción de 77.06%.

El carbón activado impregnado con ácido fosfórico muestra una alta afinidad por el cromo debido a la formación de grupos funcionales en su superficie que facilitan la adsorción química del metal. Para el carbón activado con cloruro férrico, este presenta una fuerte afinidad por el arsénico, gracias a la formación de complejos y a la adsorción química e iónica facilitada por el cloruro férrico.

El carbón activado obtenido remueve el cromo y arsénico del agua residual sintética, sin embargo, en el caso del cromo, para cumplir con los parámetros indicados en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, debe diseñarse un sistema completo de tratamiento de agua residuales.

RECOMENDACIONES

Estudiar el uso carbón activado de cáscara de piña para la adsorción de metales y metaloides en muestras de aguas residuales industriales reales.

Realizar la activación de carbón activado de cáscara de piña con otros agentes activantes.

Evaluar el uso de carbón activado de cáscara de piña para la remoción de colorantes en aguas residuales textiles.

Estudiar la activación de carbón activado de cáscara de piña por activación física a diferentes temperaturas.

Realizar estudios combinando carbón activado de cascara de piña con carbones activados obtenidos de otros precursores para evaluar la remoción de cromo y arsénico en aguas residuales industriales

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudelo B. (2017). Estandarización de proceso de producción de carbón activado por activación física a partir de cuesco de palma a escala industrial (tesis de pregrado). Universidad de América. Facultad de Ingenierías, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://bit.ly/3u4GwA6>

Aguilar P., Cordovez C. & Molina N. (2010). Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 8 (1), pp. 77-88 Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599145>

Aguirre, N. (2017). Adsorción de metales pesados (Pb y As) con Carbón activado a partir de semillas de Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7397>

Alan, D. y Cortez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Ecuador: Ediciones UTMACH

Álvarez G. y Ortiz M. (2016). Aprovechamiento de los residuos agrícolas de la piña (*Ananas comosus*) para la obtención de una bebida fermentada y papel artesanal (Tesis de titulación). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/3CjUmQR>

Alberino, J., Balasini, J, Cozzarín, R., Gil, M., García, S., Pereyra, A., Pucacco, S. & Varriano, N. (2013). *Producción sustentable de carbón activado a partir de caña de bambú*. Recuperado de <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/2565>

Ardila C., Palacio A. y Rolando Z. (2018). Cáscara de Piña como Adsorbente de Colorantes Típicos de la Industria Textil (artículo científico). *Revista Ciencia en Desarrollo*, Vol 9. pp 161-168. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v9n2/0121-7488-cide-9-02-161.pdf>

Banerjee S., Patti A., Ranganathan V. y Arora A. (2019). Hemicellulose based biorefinery from pineapple peel waste: Xylan extraction and its conversión into xylooligosaccharides (artículo científico). *Revista Food and Bioproducts Processing*, Vol 117. pp 38-50. Recuperado de <https://bit.ly/37qZTH2>

Banerjee S., Ranganathan V., Patti A. y Arora A. (2018). Valorisation of pineapple wastes for food and therapeutic applications

(artículo científico). *Revista Trends in Food Science & Technology*, Vol 82. pp 60-70. Recuperado de <https://bit.ly/3Cobh4t>

Bastidas M., Buelvas L., Márquez M. y Rodríguez K. (2010). Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia (artículo científico). *Revista Scielo*, Año 2010, Vol. 21. pp 87-96. Recuperado de <https://bit.ly/3xo725u>

Brañez M., Gutiérrez R., Pérez R., Uribe C. & Valle P. (2018). Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Revista Campus*, Año 2018, Vol. 23. N° 26, pp 129 – 144. Recuperado de <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/rc/article/view/1369>

Bravo K. & Garzon A. (2017). Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (Cocos Nucifera) para remoción de contaminantes en agua (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/606>

Bundschuh J., Litter M., Ciminelli V., Morgada M., Cornejo L., Garrido S., Hoinkis J., Alarcón M., Armienta M. y Bhattacharya P. (2010). Emerging mitigation needs and sustainable options for solving the arsenic problems of rural and isolated urban areas in Latin America – A critical analysis (artículo científico). *Revista Water Research*, Año 2010, Vol. 44. pp 5828-5845. Recuperado de <https://bit.ly/3fAHuMj>

Carrera, E. (2016). *Los retos sostenibilistas del sector textil* (artículo científico). Universidad Politécnica de Cataluña, España. Recuperado de <https://bit.ly/3xmP9nk>

Castañeda P. (2003). Seminario sobre la producción y manejo post cosecha de la piña para la exportación (Manual técnico), Año 2003. Recuperado de <https://bit.ly/3yvDrIG>

Castellanos H. (2019). Tratamiento de aguas residuales sintéticas mediante fotocátalisis y procesos de oxidación avanzados (tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid, España. Recuperado de: <https://bit.ly/3u89bE6>

Castro, M. (2016). Estrategia para abordar la solución del problema de minimización de los riesgos para la salud por el consumo de agua con metales pesados y arsénico. Recuperado de <https://www.paho.org/blogs/etras/wp-content/uploads/2017/03/EstratMP.pdf>

Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo A., Rodríguez, D. & Sandoval, J. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales, *Revista Ingeniería y Región*, 13 (1). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>

Cayetano, P. (2019). Tecnologías para la recuperación de Agua contaminada con metales pesados: Plomo, cadmio, mercurio y arsénico. Recuperado de <https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/ogitt/cati/3%20BOLET%20C3%8DN%20T%20C3%89CNOLOGICAS%20N-3%202019.pdf>

Chojnacka K. (2010). Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications (artículo científico). *Revista Environment International*, Año 2010, Vol. 36. Pag. 299-307. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412009002396>

Cerino, F., Reyes, E. y Suárez, M. (2006). Remoción de metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa. *Revista Ingenierías*, 9 (31). Recuperado de http://eprints.uanl.mx/10323/1/31_remocion.pdf

Cortazar A., Coronel C., Escalante A. y González C. (2014). Contaminación generada por colorantes de la industria textil. *Vida Científica Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 4*, Año 2014, Vol. 2. Recuperado de <https://bit.ly/3jgidlr>

CYTED (2008). *Distribución del arsénico en la región Ibérica e Iberoamericana* (tesis de pregrado). Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED), Argentina. Recuperado de <https://bit.ly/2Vq75R1>

Dalgo F. (2012). *Obtención de un concentrado con bromelina a partir de piña (Ananas comosus), y determinación de su actividad enzimática en sustratos proteínicos* (tesis de pregrado). Universidad

Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://cutt.ly/WGbPRXc>

Domínguez J. (2018). *Obtención de materiales carbonosos y furanos a partir de bagazo de agave por carbonización hidrotérmica* (tesis de maestría). Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Chihuahua, México. Recuperado de <https://bit.ly/3rSxNhg>

Dorregaray, H. (2018). *Aplicación de adsorbentes de carbón preparados desde las cáscaras de la fruta piña (Ananas comosus) para remover metales pesados (Cd²⁺, Pb²⁺) desde soluciones acuosas* (Tesis pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4933/Dorregaray%20De%20La%20Cruz%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Duker A., Carranza E. y Hale M. (2004). Spatial dependency of Buruli ulcer prevalence on arsenic-enriched domains in Amansie West District, Ghana: implications for arsenic mediation in Mycobacterium ulcerans infection (artículo científico). *Revista Internacional Health Geographics*, Año 2004, Vol. 3. Recuperado de <https://bit.ly/3ipgH7l>

FAOSTAT. (2021). *Food and agricultura data*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>

Fundneider T., Acevedo A., Abbt - Braun G., Wick A., Albrecht D. y Lackner S. (2021). Empty bed contact time: The key for micropollutant removal in activated carbon filters (artículo científico). *Revista Water Reseearch*. Año 2021, Vol. 191. Recuperado de <https://cutt.ly/kODIchl>

Gallardo M. (2007). Dietas balanceadas con forrajes conservados: La importancia de diagnosticar la calidad nutricional (artículo). Estación Experimental Aropecuaria INTA Rafaela, Santa Fe, Argentina. Recuperado de: <https://cutt.ly/0GbS2Lr>

González B. (2017). Desarrollo de carbón activado a partir de desechos agroindustriales con aplicación en adsorción de arsénico (tesis de pregrado). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago de Chile, Chile. Recuperado de: <https://bit.ly/3owcRME>

Geethakarthy, A. y Phanikumar, B. R. (2011). Adsorption of reactive dyes from aqueous solutions by tannery sludge developed activated carbon: Kinetic and equilibrium studies (artículo científico). *International journal of Environmental Science and Technology*. Año 2011, Vol. 8. Recuperado de <http://www.bioline.org.br/pdf?st11052>

Gómez E. y Martínez V. (2013). Estudio de optimización de variables de funcionamiento de un sistema de electrocoagulación para tratar aguas de la industria textil (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/3rPFiW1>

Gómez M. (2014). Carbonizados obtenidos a partir de huesos de cereza en atmosfera de carbonización y de nitrógeno a distintas temperaturas (artículo científico). *Revista de Estudios Extremeños* Año 2014, Tomo LXX. Recuperado de: <https://cutt.ly/mGm4DVi>

González G. y Villalobo W. (2020). Estudio del proceso de obtención de carbón activado a partir de la cáscara de cacao criollo (*Theobroma cacao*), UNAN-Managua, agosto - diciembre 2020 (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua. Recuperado de: <https://acortar.link/ltDEVh>

Grisales A. y Rojas W. (2016). Obtención de carbón activado a partir de activación química de pulpa de café y su aplicación en la remoción de colorantes en aguas residuales industriales (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología, Pereira, Colombia. Recuperado de: <https://acortar.link/38KDJV>

Guevara M. (2019). “Carbón activado a partir de la pulpa de la cereza de café mediante activación química” (tesis de pregrado). Universidad de Nacional de Jaen, Cajamarca, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/53>

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mag Graw Hill

Húmpola P. (2013). *Estudio de la adsorción de Compuestos Biorrefractarios en Soluciones Acuicas* (tesis doctoral). Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina. Recuperado de <https://bit.ly/2VyErwQ>

Janqui G. (2018). *Remoción de Molibdeno del agua del río Challhuahuacho de Cotabambas – Apurímac con carbón activado de*

tusa de maíz (tesis doctoral). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/3istUww>

Jara-Peña, E. et al. (2017). Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) y *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú. *Arnaldoa* 24(2): 583-598. doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24210>

Jaramillo B. (2021). Análisis de la adsorción del oro en soluciones cianuradas utilizando diferentes tipos de carbones activados (tesis de pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Recuperado de: <https://bit.ly/3u3qh65>

Jiménez E. (2017). Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de agaváceas: potencial elaboración de papel tipo artesanal (tesis doctoral). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México. Recuperado de: <https://cutt.ly/SGQRK9I>

Lillo J. (2008). Peligros Geoquímicos: Arsénico de origen natural en las aguas (artículo científico). Recuperado de: <https://bit.ly/3irtYws>

Litter, M. (2004). Remoción de contaminantes metálicos. *Solar Safe Water*. Recuperado de: https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/12_Capitulo_12.pdf

Losada, L., Sotto, M., & Artunduaga, O. (2015). Remoción de Cromo Hexavalente utilizando cáscara de *Moringa Oleifera* como bio-adsorbente. *Revista Nova*, 1(1). pp 74–87. Recuperado de: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/view/189>

López L. (2020). Activación de carbones para aplicación en almacenamiento de gas natural vehicular (metano) (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de: <https://bit.ly/3G50NHV>

Loría G. (2016). Eficacia de aviglicina (PINCOR) en la reducción de la floración naturalmente diferenciada (NDF) en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) híbrido MD-2 en San Carlos, Costa Rica (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos. San Carlos, Costa Rica. Recuperado de: <https://bit.ly/3rUNwwi>

Luna D., González A., Gordon M. y Martín N. (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco (artículo científico). Revista *Contactos*, Año 2007, Vol. 64. pp 39-48. Recuperado de: <https://bit.ly/3imfRbl>

Mall I., Swamy M. Prasad B. Mishra I. y Srivastava V. (2006). Adsorptive removal of phenol by bagasse fly ash and activated carbon: Equilibrium, kinetics, and thermodynamics (artículo científico). Revista *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. Año 2006, Vol. 272. pp 89-104. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775705005352>

Mandal B. y Suzuki K. (2002). Arsenic round the world: a review (artículo científico). Revista *Talanta*, Año 2002, Vol. 58. pp 201-235. Recuperado de: <https://bit.ly/3fCPPiG>

Martines E. (2007). Definiciones de humedad y su equivalencia (artículo científico). Recuperado de: <https://www.cenam.mx/dme/pdf/tm02.pdf>

Medina S. y Zapata R. (2017). Evaluación de la producción de energía eléctrica y disminución de DQO en agua residual sintética mediante celdas de combustible microbianas a escala laboratorio (tesis de pregrado). Universidad de América. Facultad de Ingenierías, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://bit.ly/3G0iAQI>

Metcalf y Eddy (2003). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. Cuarta edición. Mc Graw Hill. New York, EEUU. Recuperado de: <https://bit.ly/3xsSCKz>

Ministerio del Ambiente (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA Aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado.

Mohan y Pittman (2007). Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents-A critical review (artículo científico). Revista *Hazardous*

Materials, Año 2007, Vol. 142. pp 1-53. Recuperado de: <https://bit.ly/3yywzdH>

Mora L. y Ventura C. (2018). Propuesta para la elaboración de una harina a base de cáscara de piña (ananás comosus) y su aplicación en la pastelería (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de: <https://acortar.link/dsp8uu>

Muñoz, G. y Pazmiño Ayala, J. H. (2007). Estudio de la adsorción de oro en carbón activado a diferentes condiciones, y modelado de la cinética de adsorción en función del tamaño de partícula (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. Obtenido de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/747>

Navarrete D., Quijano N. y Vélez C. (2014). Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <https://bit.ly/3lr28Cb>

Nunes M., Emond J., Rauth M., Dea S. y Chau K. (2009). Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste (artículo científico). *Revista Postharvest Biology and Technology*, Año 2009. Vol 51. pp 232-241. Recuperado de: <https://bit.ly/3xwRoER>

Obregón D. (2012). Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de cadmio utilizando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje y de aceituna (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de: <https://cutt.ly/29O3vXt>

Organización Mundial de la Salud (2018). Arsénico. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2018). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261594_spa

Ovín M. (2003). *Depuración de efluentes industriales con carbón activo. Absorción de contaminantes y regeneración del absorbente* (tesis

doctoral). Universidad de Oviedo, Oviedo, España. Recuperado de <https://bit.ly/3fxK8lZ>

Papandreou A., Stournaras C., Panias D. y Paspaliaris I. (2011). Adsorption of Pb (II), Zn (II) and Cr (III) on coal fly ash porous pellets (artículo científico). *Revista Minerals Engineering*, Año 2011, Vol. 24. pp 1495-1501. Recuperado de <https://bit.ly/3lF9sdP>

Pardo M., Cassellis M., Escobedo R. y García E. (2014). Chemical characterization of the industrial residues of the pineapple (*Ananas comosus*) (artículo científico). *Revista Agricultural Chemistry and Environment*, Año 2014. Vol 3. pp 53-56. Recuperado de <https://bit.ly/3ywZzSK>

Quesada et al. (2005). Utilización de las fibras del rastrojo de piña (*Ananas comosus*, variedad *champaká*) como material de refuerzo en resinas de poliéster (artículo científico). *Revista Iberoamericana de Polímeros*, Año 2005, Vol. 6 No. 2, Heredia, Costa Rica. pp 14-46. Recuperado de: <https://bit.ly/3fGKpDp>

Quevedo A. & Rosales D. (2019). Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de plomo y cromo en aguas contaminadas. (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5114>

Quispe R. (2017). Evaluación de la concentración de metales pesados (cromo, cadmio y plomo) en los sedimentos superficiales en el río Coata (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/3jmoB0S>

Rafatullah, M.; Sulaiman, O.; Hashim, R. & Ahmad, A. (2009). Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: a review. Universiti Sains Malaysia. Penang, MY

Reina C. (1994). Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la piña (*Ananas comosus*) que se comercializa en la ciudad de Neiva (Tesis postgrado). Universidad Surcolombiana. Huila, Colombia. Recuperado de: <https://bit.ly/3xmBIE4>

Reinoso R. (2002). El carbón activado en procesos de descontaminación. (artículo científico). Universidad de Alicante, España. Recuperado de: <https://bit.ly/3AiDo3x>

Reyes Y., Vergara I., Torres O., Díaz M. & González E. (2016). Contaminación por metales: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria (artículo científico). Revista *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, Toluca, México. Recuperado de: <https://cutt.ly/7IQY4ck>

Reyes S. (2017). Evaluación de la capacidad de sorción de un material pirolizado en un sistema binario de verde malaquita-amarillo 5 en solución acuosa (tesis de pregrado). Año 2016, Vol 16 N°2, Sogamoso – Boyacá, Colombia. pp 66-77. Recuperado de: <https://bit.ly/3xsj6Tg>

Ruiz A. (2018). Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (*Citrus sinensis L. Obseck*) y su aplicación como absorbente de plomo (II) en disolución acuosa (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de: <https://cutt.ly/W9hsBH4>

Sánchez, S. (2017). Adsorción de Arsénico de efluente textil con carbón activado obtenido a partir de los residuos de tela de algodón en la industria textil Corporación Wama S.A.C. (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

Sánchez et al. (2010). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos (artículo científico). Revista *Tumbaga*, Año 2010, Vol. 5, Tolima, Colombia. pp 61-91. Recuperado de: <https://bit.ly/3ynsrNj>

Sandoval I. y Torres E. (2011). Guía técnica del cultivo de la Piña (Guía técnica). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, Año 2011. Recuperado de: <https://bit.ly/3lC6ypW>

Saval S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro (artículo científico). Revista *BioTecnología*, Año 2012, Vol. 16, No. 2, México DF, México. pp 14-46. Recuperado de: <https://bit.ly/2TNuZoT>

Sekar M., Sakthi V. y Rengaraj S. (2004). Kinetics and equilibrium adsorption study of lead (II) onto activated carbon prepared from coconut shell (artículo científico). Revista *Colloid and Interface Science*, Año 2004, Vol. 279. pp 307-313. Recuperado de: <https://bit.ly/3iINPxG>

Selvi K., Pattabhi S. y Kadirvelu K. (2001). Removal of Cr (VI) from aqueous solution by adsorption onto activated carbón (artículo científico). Revista *Bioresource Technology*, Año 2001, Vol. 80. pp 87-89. Recuperado de: <https://bit.ly/3AhPERQ>

Soliman N. y Moustafa A. (2020). Industrial solid waste for heavy metals adsorption features and challenges; a review (artículo científico). Revista *Materials Research and Technology*, Año 2020, Vol. 9. pp 10235-10253. Recuperado de: <https://bit.ly/3xwgoff>

Solis J., Morales M., Ayala R. y Duran M. (2012). Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales en la remoción de color del jugo de caña (artículo científico). Revista *Tecnología, Ciencia, Educación* Año 2012, Vol. 27. pp 36-48. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/482/48224413006.pdf>

Suarez D. y Ubillus K. (2022). Uso del epispermo de semilla de lúcuma como carbon activado (artículo científico). Revista *Anales Científicos*, Año 2022, Vol. 83. pp 97-108. Recuperado de: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1887>

Tejada C., Villabona A. y Garcés L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico (artículo científico). Revista *Tecnológicas*, Año 2015, Vol. 18. pp 109-123. Recuperado de: <https://bit.ly/3ys7fGb>

Torresano J. (2017). Diseño de una planta para el tratamiento de los efluentes líquidos de la industria gráfica (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://bit.ly/3AHxn1t>

Torres M., López D. y Windevoxhel R. (2018). Evaluación de los procedimientos de remoción de metales pesados en los residuos de la DQO (artículo científico). Revista *Ingeniería UC*, Año 2018, Vol. 25. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/707/70757668008/html/#e1>

Ungureanu G., Santos S., Boaventura R. y Botelho C. (2015). Arsenic and antimony in water and wastewater: Overview of removal techniques with special reference to latest advances in adsorption (artículo científico). Revista *Environmental Management*, Año 2015, Vol. 151. pp 326-342. Recuperado de: <https://bit.ly/3fp8xKq>

Urrutia, J. (2020). Evaluación del carbón activado obtenido de la cáscara de piña "*Ananas comosus*" para remover color en agua residual de una industria textil. (tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/URRUTIA%20VISCARRA%20JENNY%20PAOLA.pdf>

Vasiljevic T. (2020). Chapter 10 - Pineapple (artículo científico). Revista *Valorization of Fruit Processing By - products*, Año 2020. pp 203-225. Recuperado de: <https://bit.ly/2U1BpRA>

Vásquez E. y Rojas T. (2016). PH: Teoría y 232 problemas (1). Recuperado de: <https://acortar.link/zcOiA1>

Velásquez N. (2019). Generación de carbón activado a partir del residuo de cosecha de *Ananas comosus* para la remoción de metales pesados Plomo (Pb+2) y Cadmio (Cd+2) (tesis de pregrado). Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia. Recuperado de: <http://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/4596>

Vera C. (2006). Capacidad de adsorción de contaminantes químicos de aguas residuales utilizando piedra pómez (pumicita) (tesis de maestría). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/3CnheP9ç>

Vidal M., Rodríguez S., Martínez K., Ocampo J. y Barrios W. (2018). Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión (artículo científico). Revista *Scientia et Technica*, Año 2018, Vol. 23. pp 411-419. Recuperado de: <https://bit.ly/3jmQ1U5>

Yampasi O. (2017). Adsorción del carbón activado de tallos y hojas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), para la recuperación del oro en la Minera Colibrí S.A.C. (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5556>

Yanchapaxi D. (2017). Uso del carbón vegetal activado a partir de madera residual para la utilización en filtros de la planta de tratamiento natural de aguas residuales grises en los molinos Poulter en Latacunga (tesis de postgrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. Recuperado de: <https://bit.ly/3ij2fxG>

Zamora G. (2010). Obtención de carbón activado a partir de semillas, de dos palmeras de la Amazonia Peruana, Shapaja (*Attalea phalera*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa*) (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/37ocavE>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

REMOCION DE CROMO Y ARSÉNICO DEL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA MEDIANTE LA ADSORCION CON CARBON ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA "Ananas comosus"										
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TÉCNICA	MÉTODO
¿Cuál será la cantidad removida de cromo y arsénico del agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas comosus"?	Determinar la cantidad removida de cromo y arsénico del agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas comosus"	Se removerá Cromo y arsénico del agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas comosus"	Adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas comosus"	Acumulación de adsorbatos presentes en solución acuosa sobre la superficie de un adsorbente. Ramalho (1996) citado por Reyes, (2017)	La cantidad de adsorbato que se puede adsorber es directamente proporcional al volumen del carbón activado. Tejada et al. (2015).	Cantidad de adsorbato	Masa de carbón activado de cáscara de piña "Ananas comosus"	0.5 g 1 g 1.5g	Observación experimental	
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	TÉCNICA	MÉTODO
¿Qué cantidad de carbón activado obtenido de cáscara de piña "Ananas comosus" tendrá mayor adsorción de cromo del agua residual sintética?	Evaluar la cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña "Ananas comosus" que tendrá mayor adsorción de cromo del agua residual sintética.	La mayor cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña "Ananas comosus" tendrá una adsorción significativa de cromo del agua residual sintética.	Remoción de cromo y arsénico del agua residual sintética	La remoción es un proceso en el cual las partículas son separadas de un medio (sólido, líquido o gas) a otro.	La remoción es la diferencia entre la concentración inicial y la concentración final de cromo y arsénico después de finalizado el tratamiento (adsorción con el carbón activado). Torres et al. (2018)	Remoción	% Remoción de cromo y arsénico $\%Remoción = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} * 100$ Dónde: %Remoción: porcentaje de remoción del metal. C ₀ : concentración inicial del metal, ppm. C _t : concentración del metal en el tiempo t, una vez finalizado el tratamiento, ppm.	%	Experimental	Hipotético - Deductivo
¿Qué cantidad de carbón activado obtenido de cáscara de piña "Ananas comosus" tendrá mayor adsorción de arsénico del agua residual sintética?	Evaluar la cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña "Ananas comosus" que tendrá mayor adsorción de arsénico del agua residual sintética.	La mayor cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña "Ananas comosus" tendrá una adsorción significativa de arsénico del agua residual sintética.								

Anexo 2. Ficha de recolección de datos I (registro)

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS							
I. DATOS GENERALES							
Evaluador:	Estefania Alvarado						
Lugar:	Surquillo			Fecha:	21 de julio 2022		
Código de muestra:	M-00						
Hora inicia	11.00am			Hora final	11.15am		
II. DATOS DEL PRECURSOR							
Fuente de Biomasa	Cáscara de piña						
Procedencia	Juguería						
Lugar:	Mercado N°2 Surquillo			Fecha:	21 de julio 2022		
III. EVIDENCIA:							
							

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I. DATOS GENERALES

Evaluador:	Estefania Alvarado						
Lugar:	Surquillo			Fecha:	21 de julio 2022		
Código de muestra:	M-00						
Hora inicia	10.30am			Hora final	10.45am		

II. DATOS DEL PRECURSOR

Fuente de Biomasa	Cáscara de piña						
Procedencia	Juguería						
Lugar:		Mercado Cosmos		Fecha:	21 de julio 2022		

III. EVIDENCIA:



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I. DATOS GENERALES

Evaluador: Estefania Alvarado					
Lugar:	Surquillo			Fecha:	3 de agosto 2022
Código de muestra: M-00:					
Hora inicia	8.30am		Hora final	8.45am	

II. DATOS DEL PRECURSOR

Fuente de Biomasa	Cáscara de piña				
Procedencia	Juguería				
Lugar:	Mercado N°2 Surquillo			Fecha:	3 de agosto 2022

III. EVIDENCIA:



Anexo 3. Ficha de recolección de datos II (Formato)

REMOCION DE CROMO Y ARSÉNICO EN AGUA RESIDUAL SINTÉTICA MEDIANTE LA ADSORCION CON CARBON ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA "Ananas comosus"

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS II

I. DATOS GENERALES

Evaluador:

Lugar:

Fecha:

Código de muestra:

Hora inicial

Hora final

Proceso: Secado Carbonización Impregnación con

Activación Lavado Secado

Molienda Prep. Agua residual sint. Adsorción con

II. MATERIALES DE LABORATORIO

MATERIAL	CÓD	CANTIDAD	CAPACIDAD	OTROS
Crisol				
Tenazas				
Bureta				
vaso de precipitado				
Bagueta o varilla				
Fiola				
Pipeta				
Pizeta				
Embudo				
Otros:				

IV. EQUIPOS DE LABORATORIO

EQUIPO	CÓD	CAPACIDAD	OTROS
Horno Tipo Muffa			
Estufa			
Balanza			
Phmetro			
Prueba de jarras			
Otros:			

V. REACTIVOS DEL LABORATORIO

REACTIVOS	UNIDAD	CANTIDAD	OTROS
AGUA DESTILADA	ml		
ACIDO FOSFORICO	ml		
CLORURO DE HIERRO (III)	ml		
OTROS:			

Anexo 5. Validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del Experto:	Valderrama Rojas María Teresa
Cargo e Institución:	Docente Universidad Nacional del Callao
Nombre de los instrumentos motivo de evaluación:	- Ficha de recolección de datos I - Ficha de recolección de datos II - Registro de resultados
Título del proyecto:	Remoción de cromo y arsénico en agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña " <i>Ananas comosus</i> "
Autor(es) del instrumento:	- Alvarado Rosales Tania Estefanía - Gamarra Quispe Diego Antonio

II. CUESTIONARIO

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los datos a incluir):						
1. Los ítems se comprenden con facilidad (claros, precisos, no ambiguos, coherentes, permiten ser completados con información precisa)					X	
2. Los ítems han sido redactados correctamente y permiten su fácil entendimiento					X	
3. Los ítems presentan un orden lógico				X		
4. Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico					X	
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
5. Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: (Determinar la cantidad removida de cromo y arsénico en agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña " <i>Ananas comosus</i> ").					X	
6. Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1 de la investigación (Evaluar la cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña " <i>Ananas comosus</i> " que tendrá mayor adsorción de cromo en agua residual sintética).					X	
7. Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO N°2 de la investigación (Evaluar la cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña " <i>Ananas comosus</i> " que tendrá mayor adsorción de arsénico en agua residual sintética).					X	

III. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° ____:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	

Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	
--	--

IV. APLICABILIDAD

- Procede su aplicación en la investigación.
- Procede su aplicación previo al levantamiento de observaciones.
- No procede su aplicación.



Firma

Apellidos y nombres: Valderrama Rojas María Teresa
DNI: 08803477
Cargo: Docente

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del Experto:	LISBETH MAGALY GARCIA PAITAN
Cargo e Institución:	GERENTE AMBIENTAL – GADE SOLUCIONES SAC
Nombre del instrumento motivo de evaluación:	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATO I FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATO II REGISTRO DE RESULTADOS
Título del proyecto:	REMOCIÓN DE CROMO Y ARSÉNICO DEL AGUA RESIDUAL SINTÉTICA MEDIANTE LA ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA “Ananas comosus”
Autor(es) del instrumento:	DIEGO GAMARRA QUISPE

II. CUESTIONARIO

Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los datos a incluir):						
1. Los ítems se comprenden con facilidad (claros, precisos, no ambiguos, coherentes, permiten ser completados con información precisa)						x
2. Los ítems han sido redactados correctamente y permiten su fácil entendimiento						x
3. Los ítems presentan un orden lógico						x
4. Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico						
PERTINENCIA (contribuye a recoger información relevante para la investigación):						
5. Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: (Determinar la cantidad removida de cromo y arsénico en agua residual sintética mediante la adsorción con carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña “Ananas comosus”).						x
6. Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1 de la investigación (Evaluar la cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña “Ananas comosus” que tendrá mayor adsorción de cromo en agua residual sintética).						x
7. Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO N°2 de la investigación (Evaluar la cantidad de masa de carbón activado obtenido de cáscara de piña “Ananas comosus” que tendrá mayor adsorción de arsénico en agua residual sintética).						x

III. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° ____:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	


 GADE SOLUCIONES SAC

 Ing. Lisbeth Magaly Garcia Paitan
 Esp. Ambiental
 CIP 126296

Observaciones y recomendaciones en relación a la pregunta N° ____:	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

IV. APLICABILIDAD

- Procede su aplicación en la investigación.
- Procede su aplicación previo al levantamiento de observaciones.
- No procede su aplicación.


 GADE SOLUCIONES SAC
 Ing. Lisbeth Mabely Garcia Paitan
 Esp. Ambiental
 CIP 128295

Firma
Apellidos y nombres: GARCIA PAITAN LISBETH
DNI: 42187341
Cargo: GERENTE AMBIENTAL

Anexo 7. Registro fotográfico

Figura 11

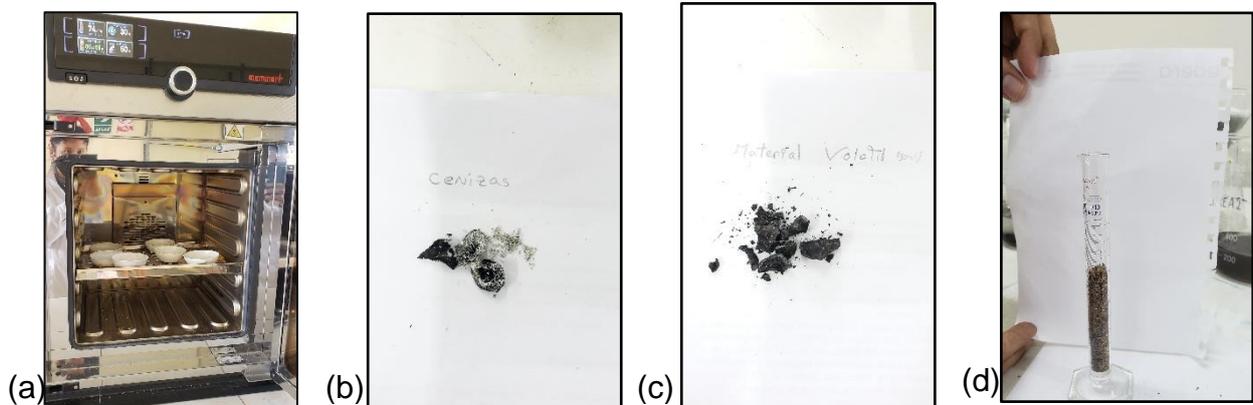
Recolección y acondicionamiento de material precursor



Nota. (a) Origen de la materia prima, (b) Limpieza y corte de cáscara de piña, (c) Lavado de cáscara de piña con agua tibia, (d) Lavado de cáscara de piña con agua destilada, (e) Cáscara de piña cortado en 2 cm aproximadamente, (f) Secado de cáscara de piña, (g) cáscara de piña seca, (h) Triturado de cáscara de piña con mortero.

Figura 12

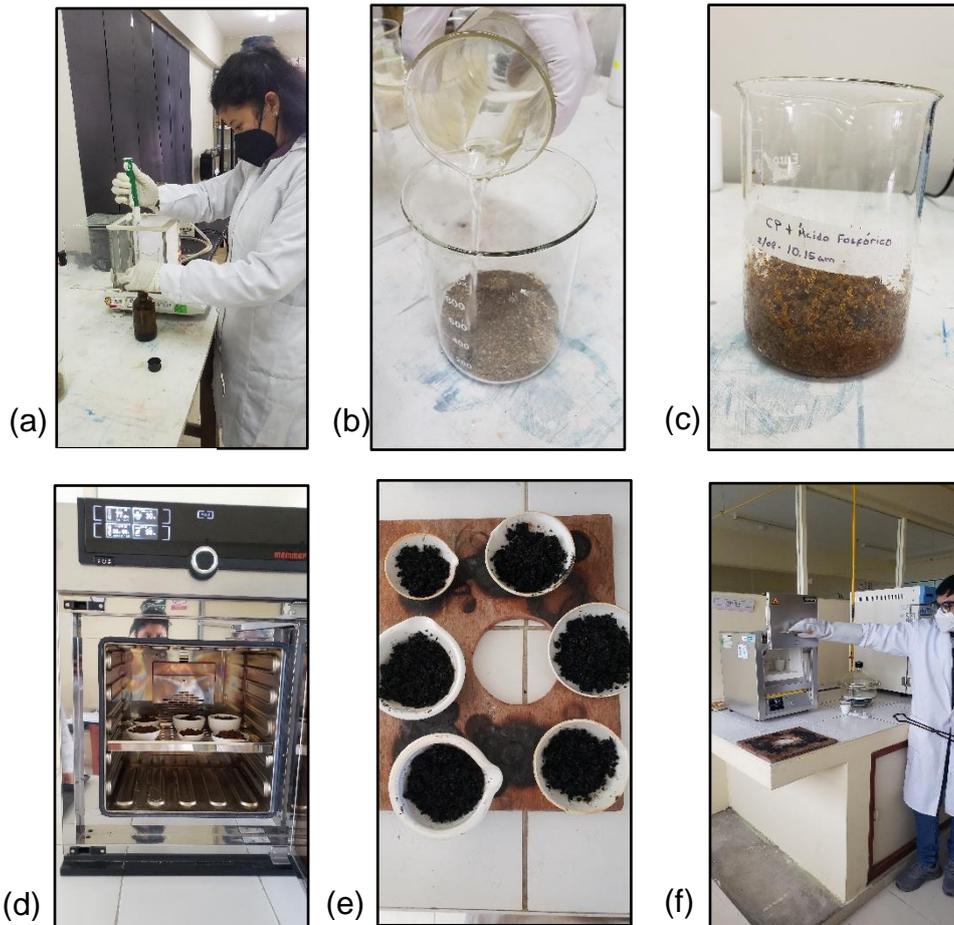
Caracterización de material precursor



Nota. (a) Proceso para cálculo de humedad, (b) Ceniza, (c) Material volátil, (d) Medición de densidad aparente

Figura 13

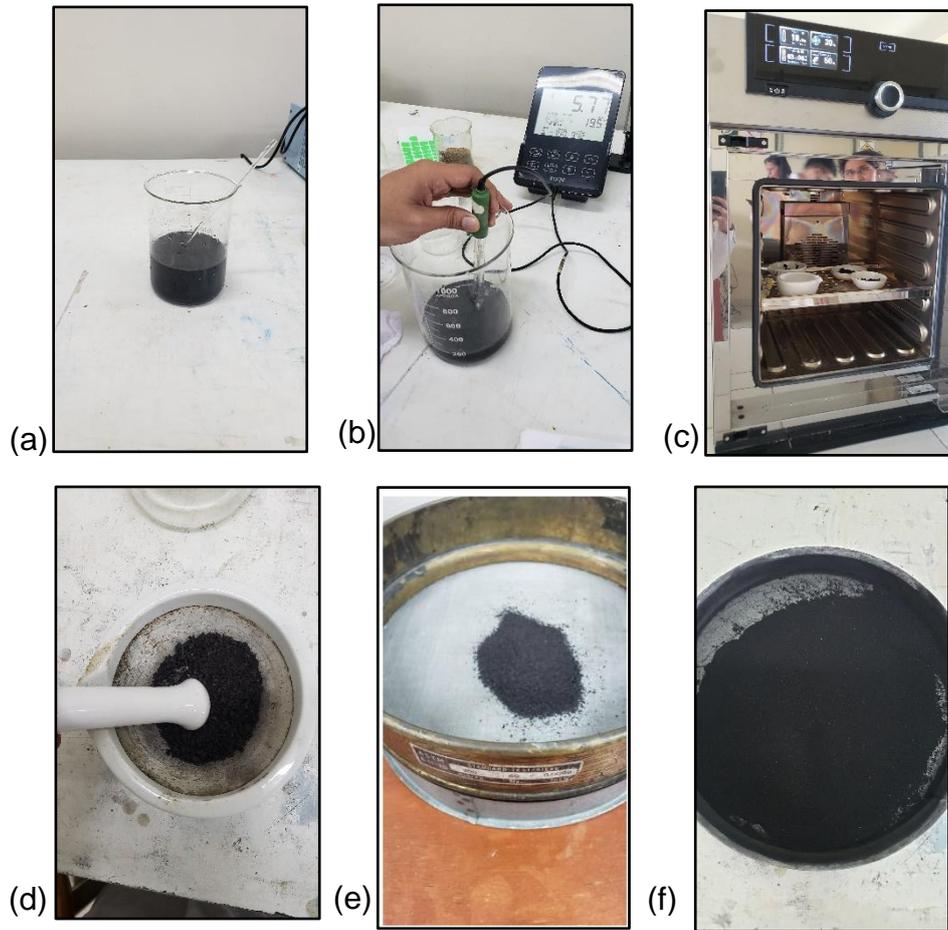
Activación con ácido fosfórico – parte 1



Nota. (a) Medición de ácido fosfórico, (b) Impregnación de ácido fosfórico, (c) Impregnación de ácido fosfórico por 24 horas, (d) Secado en horno, (e) Material secado, (f) Tratamiento térmico en mufla a 600°C.

Figura 14

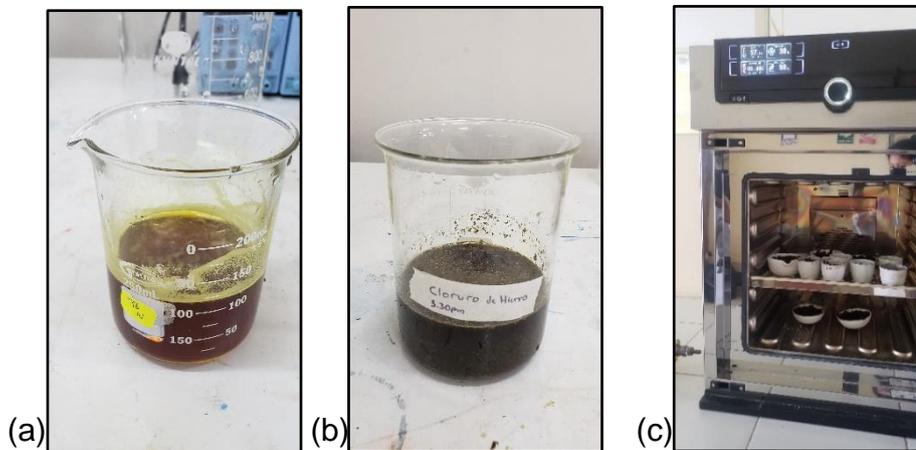
Activación con ácido fosfórico – parte 2



Nota. (a) Lavado con agua desionizada, (b) Medición de pH, (c) Secado en estufa a 110°C, (d) Molienda, (e) Tamizado, (f) Producto final: carbón activado

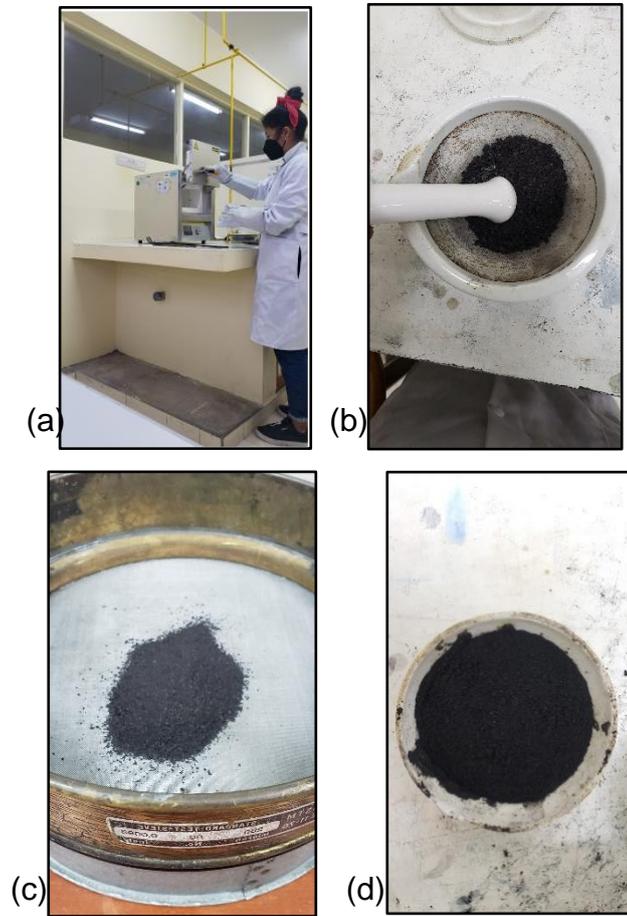
Figura 15

Activación con cloruro de hierro – parte 1



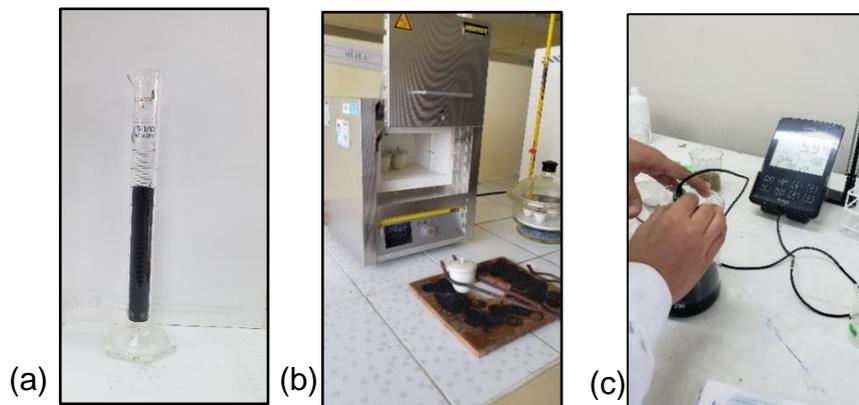
Nota. (a) Preparación de solución de cloruro de hierro, (b) Impregnación de cloruro de hierro por 24 horas, (c) Secado en estufa a 110°C

Figura 16
Activación con cloruro de hierro – parte 2



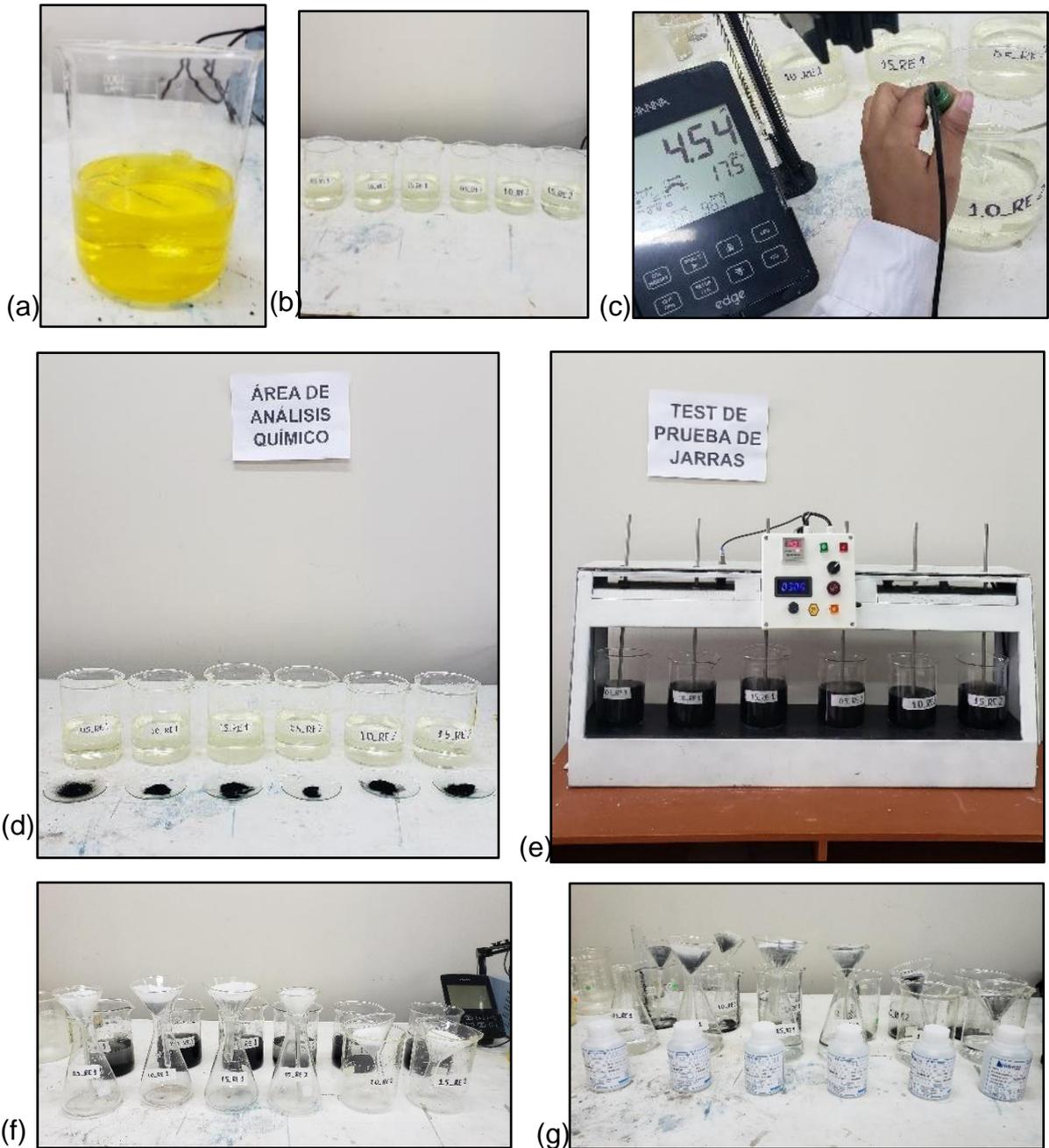
Nota. (a) Tratamiento térmico en mufla a 600°C, (b) Molienda, (c) Tamizado, (d) Producto final: carbón activado

Figura 17
Caracterización de carbón activado



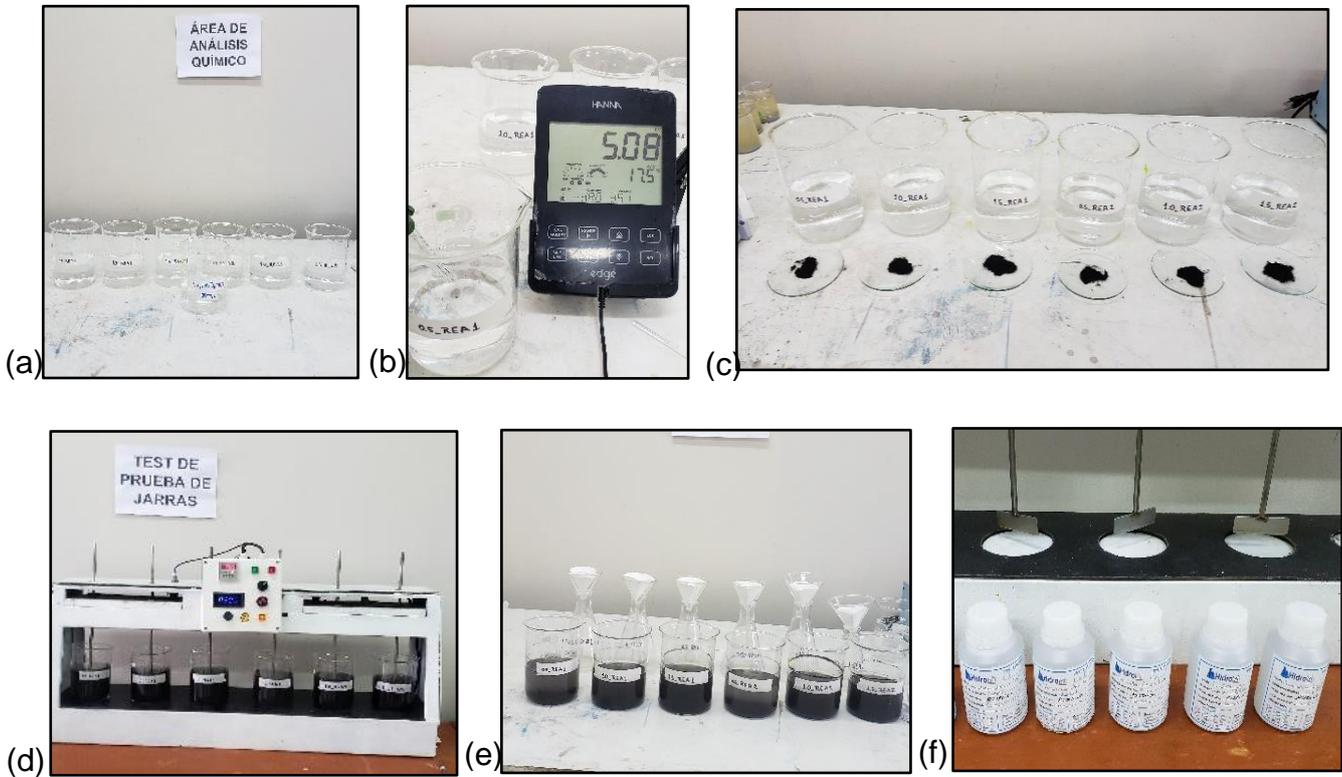
Nota. (a) Medición de densidad aparente, (b) Proceso para cálculo de material volátil, (c) Medición de pH

Figura 18
Remoción de Cromo



Nota. (a) Preparación de solución estándar con dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$, (b) Soluciones con dicromato de potasio, (c) Medición de pH, (d) Tratamientos con diferentes cantidades de carbón activado, (e) Test de prueba de jarras, (f) Separación por filtración, (g) Muestras finales almacenadas para análisis químico de laboratorio.

Figura 19
Remoción de arsénico



Nota. (a) Soluciones con arseniato de sodio heptahidratado (b) Medición de pH, (c) Tratamientos con diferentes cantidades de carbón activado, (d) Test de prueba de jarras, (e) Separación por filtración, (f) Muestras finales almacenadas para análisis químico de laboratorio.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 2208080-II

Cotización: 2206052



Intento N° LE - 077

(FAP-009-01)
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47590157			
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---			
N° Muestra: 2208080-2 1-REA 1				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 10-08-2022 18:30	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15			
Departamento: Lima	Provincia: Callao			
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Punto de muestreo: 1-REA 1			
Dirección de muestreo: Bellavista-Lima	Instrumento ambiental: ---			
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Muestreado por: El Cliente			
Tipo de muestreo: ---	Coordenadas: ---			
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	0,529 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022
Notas				
<p>NA: No se aplica.</p> <p>LD: Límite de Detección.</p> <p>SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.</p> <p>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.</p> <p>Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio.</p> <p>HidroLab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017</p>				
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidroLab.com RUC: 20512976795				

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077				
		Informe de Análisis 2208080-III		
		Cotización: 2206052		Registro N° LE - 077
(FAP-009-01)				
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00				
Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES			DNI: 47580157	
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales			Teléfono: ---	
N° Muestra: 2208080-3 1.5-REA 1				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 10-08-2022 18:30		Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15		
Departamento: Lima		Provincia: Callao		
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao		Punto de muestreo: 1.5-REA 1		
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima		Instrumento ambiental: ---		
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"		Muestreado por: El Cliente		
Tipo de muestreo: ---		Coordenadas: ---		
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	0,436 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022
Notas				
NA: No se aplica. LD: Límite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017. Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio. Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017				
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com RUC: 20512976795				

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 2208080-IV

Cotización: 2206052



Registro N°LE - 077

(FAP-009-01)
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47590157			
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 308, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---			
N° Muestra: 2208080-4 0.5-REA 2				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 10-08-2022 18:30	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15			
Departamento: Lima	Provincia: Callao			
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Punto de muestreo: 0.5-REA 2			
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Instrumento ambiental: ---			
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Muestreado por: El Cliente			
Tipo de muestreo: ---	Coordenadas: ---			
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	0,309 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022
Notas				
<p>NA: No se aplica. LD: Límite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.</p> <p>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio. Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017</p>				
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 8 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com RUC: 20512976795				



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077

Informe de Análisis 2208080-V



Registro N° LE - 077

Cotización: 2206052

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente

Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47590157
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao	
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---

N° Muestra: 2208080-5 1-REA 2

Matriz: Agua Residual	
Término de muestreo: 10-08-2022 18:30	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15
Departamento: Lima	Provincia: Callao
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Punto de muestreo: 1-REA 2
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Instrumento ambiental: ---
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Muestreado por: El Cliente
Tipo de muestreo: ---	Coordenadas: ---

Resultados Analíticos

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	0,432 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022

Notas

NA: No se aplica.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.
Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017


Jorge Loayza Rodríguez
Jefe de Laboratorio
CGP N° 1397

Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com

RUC: 20512976785



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077

Informe de Análisis 2208080-VI



Registro N° LE - 077

Cotización: 2206052

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente

Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES DNI: 47590157
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales Teléfono: ---

N° Muestra: 2208080-6 1.5-REA 2

Matriz: Agua Residual
Término de muestreo: 10-08-2022 18:30 Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15
Departamento: Lima Provincia: Callao
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao Punto de muestreo: 1.5-REA 2
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima Instrumento ambiental: ---
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus" Muestreado por: El Cliente
Tipo de muestreo: --- Coordenadas: ---

Resultados Analíticos

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	0,447 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022

Notas

NA: No se aplica.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio.
Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017


Jorge Loayza Rodríguez
Jefe de Laboratorio
CQP N° 1397

Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com
RUC: 20512976795

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077				
		Informe de Análisis 2208080-VII		
		Cotización: 2206052		Registro N° LE - 077
(FAP-009-01)				
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00				
Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES			DNI: 47590157	
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales			Teléfono: ---	
N° Muestra: 2208080-7 0.5-REA 3				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 10-08-2022 20:00		Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15		
Departamento: Lima		Provincia: Callao		
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao		Punto de muestreo: 0.5-REA 3		
Dirección de muestreo: Bellavista-Lima		Instrumento ambiental: ---		
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"		Muestreado por: El Cliente		
Tipo de muestreo: ---		Coordenadas: ---		
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	0,189 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022
Notas				
NA: No se aplica. LD: Límite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017. Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio. Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017				
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com RUC: 20512978795				



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077

Informe de Análisis 2208080-VIII



Registro N°LE - 077

Cotización: 2206052

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente

Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES DNI: 47560157
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 308, Bellavista - Callao -Callao
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales Teléfono: ---

N° Muestra: 2208080-8 1-REA 3

Matriz: Agua Residual
Término de muestreo: 10-08-2022 20:00 Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15
Departamento: Lima Provincia: Callao
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao Punto de muestreo: 1-REA 3
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima Instrumento ambiental: ---
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintetica mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus" Muestreado por: El Cliente
Tipo de muestreo: --- Coordenadas: ---

Resultados Analíticos

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	0,430 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022

Notas

NA: No se aplica.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.
Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017


Jorge Loayza Rodríguez
Jefe de Laboratorio
CQP N° 1397

Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com
RUC: 20512976795

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077				
		Informe de Análisis 2208080-IX		
		Cotización: 2206052		Registro N°LE - 077
(FAP-009-01)				
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00				
Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES			DNI: 47590157	
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales			Teléfono: ---	
N° Muestra: 2208080-9 1.5-REA 3				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 10-08-2022 20:00		Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15		
Departamento: Lima		Provincia: Callao		
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao		Punto de muestreo: 1.5-REA 3		
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima		Instrumento ambiental: ---		
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintetica mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"		Muestreado por: El Cliente		
Tipo de muestreo: ---		Coordenadas: ---		
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	0,360 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022
Notas				
NA: No se aplica. LD: Limite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017. Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio. Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017				
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com RUC: 20512976795				

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077**



Informe de Análisis 2208080-IX

Cotización: 2206052



Registro N° LE - 077

(FAP-009-01)
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47590157			
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---			
N° Muestra: 2208080-10 MB-AR-1				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 10-08-2022 18:30	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15			
Departamento: Lima	Provincia: Callao			
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Punto de muestreo: MB-AR-1			
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Instrumento ambiental: ---			
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Muestreado por: El Cliente			
Tipo de muestreo: ---	Coordenadas: ---			
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Arsénico	1,488 mg As/L	< 0,001 mg As/L	SM 3114 B y C	17-08-2022
Notas				
NA: No se aplica. LD: Límite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017. Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio. Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017				
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com RUC: 20512976795				

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077**



Informe de Análisis 2208079-II

Cotización: 2206052



(FAP-009-01)
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47560157			
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---			
N° Muestra: 2208079-2 1-RE 1				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 08-08-2022 18:30	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15			
Departamento: Lima	Provincia: Callao			
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Punto de muestreo: 1-RE 1			
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Instrumento ambiental: ---			
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Muestreado por: El Cliente			
Tipo de muestreo: ---	Coordenadas: ---			
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	0,90 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L	SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022
Notas				
<p>NA: No se aplica.</p> <p>LD: Límite de Detección.</p> <p>SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.</p> <p>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.</p> <p>Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio.</p> <p>Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017</p>				
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com RUC: 20512976795				



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077

Informe de Análisis 2208079-III



Registro N° LE - 077

Cotización: 2206052

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente

Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47560157
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 308, Bellavista - Callao -Callao	
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: --

N° Muestra: 2208079-3 1.5-RE 1

Matriz: Agua Residual	
Término de muestreo: 08-08-2022 19:30	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15
Departamento: Lima	Provincia: Callao
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Punto de muestreo: 1.5-RE 1
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Instrumento ambiental: --
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Muestreado por: El Cliente
Tipo de muestreo: --	Coordenadas: --

Resultados Analíticos

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	0,74 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L	SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022

Notas

NA: No se aplica.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio.

Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017


Jorge Loayza Rodríguez
Jefe de Laboratorio
CQP N° 1397

Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com

RUC: 20512976795

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077				
		Informe de Análisis 2208079-IV		
Cotización: 2206052				
(FAP-009-01)				
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00				
Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES			DNI: 47500157	
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefania Alvarado Rosales			Teléfono: ---	
N° Muestra: 2208079-4 0.5-RE 2				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 08-08-2022 19:30		Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15		
Departamento: Lima		Provincia: Callao		
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao		Punto de muestreo: 0.5-RE 2		
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima		Instrumento ambiental: ---		
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintetica mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"		Muestreado por: El Cliente		
Tipo de muestreo: ---		Coordenadas: ---		
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	1,13 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L	SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022
Notas				
NA: No se aplica. LD: Limite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017. Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio. Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017				
 Jorge Coayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com RUC: 20512976795				

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 2208079-V

Cotización: 2206052



(FAP-009-01)
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente			
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47590157		
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao			
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---		
N° Muestra: 2208079-5 1-RE 2			
Matriz: Agua Residual			
Término de muestreo: 08-08-2022 19:30	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15		
Departamento: Lima	Provincia: Callao		
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Punto de muestreo: 1-RE 2		
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Instrumento ambiental: ---		
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Muestreado por: El Cliente		
Tipo de muestreo: ---	Coordenadas: ---		
Resultados Analíticos			
Parámetro	Resultado	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	0,79 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022
Notas			
<p>NA: No se aplica. LD: Límite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.</p> <p>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio. HidroLab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017</p>			
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397			
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidroLab.com RUC: 20512976795			

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 2208079-VI

Cotización: 2206052



(FAP-009-01)
Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente				
Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47590157			
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao				
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---			
N° Muestra: 2208079-6 1.5-RE 2				
Matriz: Agua Residual				
Término de muestreo: 08-08-2022 19:30	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15			
Departamento: Lima	Provincia: Callao			
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Punto de muestreo: 1.5-RE 2			
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Instrumento ambiental: ---			
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Muestreado por: El Cliente			
Tipo de muestreo: ---	Coordenadas: ---			
Resultados Analíticos				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	0,79 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L	SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022
Notas				
<p>NA: No se aplica. LD: Límite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.</p> <p>Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio. Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017</p>				
 Jorge Loayza Rodríguez Jefe de Laboratorio CQP N° 1397				
Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com RUC: 20512976795				



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077

Informe de Análisis 2208079-VII



Cotización: 2206052

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente

Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES DNI: 47590157
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales Teléfono: ---

N° Muestra: 2208079-7 0.5-RE 3

Matriz: Agua Residual
Término de muestreo: 09-08-2022 17:30 Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15
Departamento: Lima Provincia: Callao
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao Punto de muestreo: 0.5-RE 3
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima Instrumento ambiental: ---
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintetica mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus" Muestreado por: El Cliente
Tipo de muestreo: --- Coordenadas: ---

Resultados Analíticos

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	0,60 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L	SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022

Notas

NA: No se aplica.
LD: Limite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Prohibida toda reproducción parcial o total de este Informe sin autorización del laboratorio.
Hidrolab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017


Jorge Loayza Rodríguez
Jefe de Laboratorio
CQP N° 1397

Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidrolab.com
RUC: 20512978795



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077

Informe de Análisis 2208079-VIII



Registro N°LE - 077

Cotización: 2206052

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente

Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES DNI: 47590157
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 308, Bellavista - Callao -Callao
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales Teléfono: ---

N° Muestra: 2208079-8 1-RE 3

Matriz: Agua Residual

Término de muestreo: 09-08-2022 17:30

Departamento: Lima

Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao

Dirección de muestreo: Bellavista -Lima

Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"

Tipo de muestreo: ---

Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15

Provincia: Callao

Punto de muestreo: 1-RE 3

Instrumento ambiental: ---

Muestreado por: El Cliente

Coordenadas: ---

Resultados Analíticos

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	0,84 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L	SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022

Notas

NA: No se aplica.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

HidroLab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Jorge Loayza Rodríguez
Jefe de Laboratorio
CQP N° 1397

Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidroLab.com

RUC: 20512976795



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077

Informe de Análisis 2208079-IX



Registro N° LE - 077

Cotización: 2206052

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente

Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47590157
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 306, Bellavista - Callao -Callao	
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---

N° Muestra: 2208079-9 1.5-RE 3

Matriz: Agua Residual	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15
Término de muestreo: 09-08-2022 17:30	Provincia: Callao
Departamento: Lima	Punto de muestreo: 1.5-RE 3
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Instrumento ambiental: ---
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Muestreado por: El Cliente
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Coordenadas: ---
Tipo de muestreo: ---	

Resultados Analíticos

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	0,82 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L	SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022

Notas

NA: No se aplica.
 LD: Límite de Detección.
 SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd, Edition 2017.
 Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
 Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.
 HidroLab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017


 Jorge Loayza Rodríguez
 Jefe de Laboratorio
 CQP N° 1397

Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidroLab.com
 RUC: 20512976795

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-077



Informe de Análisis 2208079-IX



Registro N° LE - 077

Cotización: 2206052

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-08-2022 18:00

Identificación del Cliente

Cliente: TANIA ESTEFANIA ALVARADO ROSALES	DNI: 47590157
Dirección: Av. Juan Pablo II Nro 308, Bellavista - Callao -Callao	
Contacto: Tania Estefanía Alvarado Rosales	Teléfono: ---

N° Muestra: 2208079-10 MB-CR-1

Matriz: Agua Residual	Fecha de Recepción: 12-08-2022 10:15
Término de muestreo: 09-08-2022 12:30	Provincia: Callao
Departamento: Lima	Punto de muestreo: MB-CR-1
Lugar de muestreo: FIARN - Universidad Nacional Del Callao	Instrumento ambiental: ---
Dirección de muestreo: Bellavista -Lima	Muestreado por: El Cliente
Proyecto: Remoción de Cromo y Arsénico del Agua Residual Sintética mediante la Adsorción de Carbón Activado obtenido a partir de cáscara de piña "Ananas Comosus"	Coordenadas: ---
Tipo de muestreo: ---	

Resultados Analíticos

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha de Análisis
Cromo	2,75 mg Cr/L	< 0,01 mg Cr/L	SM 3030 E y 3111 B	16-08-2022

Notas

NA: No se aplica.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.
HidroLab es un laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N°LE-077 ; de acuerdo a NTP-ISO 17025:2017

Jorge Loayza Rodríguez
Jefe de Laboratorio
CQP N° 1397

Av. Carretera Central Km 9.3 Mz. "A" Lt. 6 Asoc. Nuestra Sra. de la Merced -Ate - Lima 03 - Perú - Teléfono: (511) 7191257 - www.hidroLab.com
RUC: 20512976795