

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**BIOSORCIÓN DE ARSÉNICO (V) EN AGUA POTABLE CON MATRIZ
MODIFICADA DE *Austrocylindropuntia floccosa* (HUARACO) EN LA COMUNIDAD
HUANCANÉ BAJO - ESPINAR - CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. EVELYN QUISPE CRUZ

Br. MARTHA YUPANQUI MAMANI

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO QUÍMICO

ASESOR:

Mgt. URIEL RAÚL FERNÁNDEZ BERAOLA

CO ASESOR:

Ing. LURDES VANESA LIMA LIMA

CUSCO - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor MGT URIEL RAUL FERNANDEZ BERNADIA.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: BIOSORCIÓN DE ARSÉNICO (V) EN AGUA
POTABLE CON MATRIZ MODIFICADA DE Austrocylindropuntia flosculosa (HUARALO)
EN LA COMUNIDAD HUANCANÉ BAJO - ESPINAR-CUSCO
.....

Presentado por: EVELYN QUISPE CRUZ DNI N° 74985677 ;
presentado por: MARTHA YUPANQUI MAMANI DNI N°: 95751088

Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO QUÍMICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 16 de ENERO de 2026

Firma

Post firma Uriel Fernandez Bernadia

Nro. de DNI 43130855

ORCID del Asesor 0000-0002-9386-702X

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259546902476

Quispe Cruz - Yupanqui Mamani

BIOSORCIÓN DE ARSÉNICO (V) EN AGUA POTABLE CON MATRIZ MODIFICADA DE *Austrocylindropuntia floccosa* (HUA...)

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:546902476

170 páginas

Fecha de entrega

16 ene 2026, 7:13 p.m. GMT-5

22.715 palabras

Fecha de descarga

16 ene 2026, 7:18 p.m. GMT-5

127.605 caracteres

Nombre del archivo

BIOSORCIÓN DE ARSÉNICO (V) EN AGUA POTABLE CON MATRIZ MODIFICADA DE *Austrocylindropuntia floccosa* (HUA...).pdf

Tamaño del archivo

6.4 MB

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

4%	 Fuentes de Internet
0%	 Publicaciones
2%	 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

PRESENTACIÓN

Señor Decano y honorables docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la escuela profesional de Ingeniería Química y con la finalidad de optar al Título Profesional de Ingeniero Químico ponemos a su consideración el trabajo de tesis intitulado:

**“BIOSORCIÓN DE ARSÉNICO (V) EN AGUA POTABLE CON MATRIZ MODIFICADA
DE *Astrocytindropuntia floccosa* (HUARACO) EN LA COMUNIDAD DE HUANCANÉ BAJO
– ESPINAR - CUSCO”.**

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Tecnologías de la Escuela Profesional de Ingeniería Química y consistió en la determinación de las condiciones necesarias para el proceso de biosorción de As (V) en agua potable de la comunidad de Huancané Bajo, Espinar, Cusco usando el biosorbente con matriz modificada de *Astrocytindropuntia floccosa* (Huaraco).

Se espera que la información suministrada pueda ser útil como base para investigaciones futuras.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro asesor de tesis, Mgt.Uriel Fernandez Bernaola, por su apoyo, dedicación y orientación a lo largo de todo el proceso de investigación. Su experiencia y compromiso han sido fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo. Gracias por brindarnos sus conocimientos, por motivarnos en los momentos difíciles y guiarnos en todo este proceso.

A nuestra co asesora Ing. Lurdes Lima Lima, por su apoyo constante, colaboración y paciencia. Apreciamos su disposición y por siempre estar dispuesta a ayudarnos a superar los desafíos que surgieron durante el desarrollo del presente trabajo. Gracias por acompañarnos en este camino.

Este logro no hubiera sido posible sin su valiosa guía, gracias.

Así mismo, agradecemos a todos los docentes de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Química que de una u otra manera, han contribuido a la realización del presente trabajo de investigación. Su enseñanza y conocimiento nos han proporcionado las herramientas necesarias para desarrollar este trabajo. Les agradecemos por inspirarnos a dar lo mejor de nosotros mismos en todo momento.

Por último, agradecemos a nuestras familias y amigos por el apoyo, comprensión y motivación durante todo el proceso de nuestra tesis.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que han sido mi apoyo en todo este proceso. En primer lugar, a mi familia, en especial a mis papás Valerio Quispe y Francisca Cruz, por su apoyo incondicional y comprensión a lo largo de todo este proceso. Su paciencia y sacrificio constante me han dado la fortaleza necesaria para superar los momentos más difíciles, gracias por motivarme a seguir adelante y creer en mí. A Sharmely y José por haber sido una fuente constante de apoyo y motivación, por estar siempre dispuestos a escucharme y hacer de este camino algo más llevadero. Y, por supuesto a mi amiga y compañera de tesis, Martha por toda la dedicación, esfuerzo y apoyo constante, juntas superamos retos, aprendimos una de la otra y, sobre todo, nos motivamos constantemente para alcanzar este logro. Gracias por tu compañerismo y por ser una fuente de inspiración, este logro es tan tuyo como mío.

Evelyn Quispe Cruz

A mi querido amigo Jah, que me concedió tanto el deseo como las fuerzas para culminar este proyecto (Filip. 2:13), a mis dos hermanas y mis padres, Andrés Yupanqui y Alicia Mamani quienes fueron mi motivación y mi apoyo constante en mi desarrollo personal y profesional, quiero expresarles mi profundo agradecimiento por todo lo que han hecho por mí, mi admiración y respeto a ustedes, sé que este logro los hará felices. Por otro lado, agradezco y valoro el esfuerzo y compañerismo de mi amiga Evelyn porque juntas supimos encaminar este proceso, gracias.

Martha Yupanqui Mamani

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la capacidad de biosorción de arsénico (V) en agua potable con matriz modificada de *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) en la comunidad de Huancané Bajo - Espinar - Cusco. Se realizó el proceso de biosorción de arsénico (V) en 2 muestras de agua real del sistema de agua potable de la comunidad Huancané Bajo, Espinar aplicando el biosorbente obtenido a partir del cactus *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) mediante un proceso de hidrólisis ácida con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1.25 %, hidrólisis básica con hidróxido de sodio ($NaOH$) al 1.25 % y modificación química con tricloruro de hierro ($FeCl_3$) al 0.5%, se obtuvo una capacidad de adsorción de 0.33 mg/g y 0.15 mg/g respectivamente. Se logró reducir la concentración de arsénico en el agua de 0.039 mg/L y 0.021 mg/L a 0.006 mg/L, alcanzando una disminución significativa de este contaminante.

El proceso de adsorción se realizó en muestras de agua sintética de arsénico (V) a una concentración de 0.1 ppm, se llevó a cabo utilizando el equipo de prueba de jarras del laboratorio de Tecnologías de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, donde se evaluó el efecto de las variables: pH de la solución, tamaño de partícula y dosis del biosorbente.

Palabras clave: Biosorción, Huaraco, Arsénico(V), Huancané.

ABSTRACT

The present research aims to determine the biosorption capacity of arsenic (V) in drinking water with a modified matrix of *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) in the community of Huancané Bajo - Espinar - Cusco. The biosorption process for arsenic (V) was carried out on two samples of real water from the drinking water system of the Huancané Bajo community, Espinar, using a biosorbent obtained from the *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) cactus. The biosorbent was obtained through an acid hydrolysis process with 1.25% sulfuric acid (H_2SO_4), basic hydrolysis with 1.25% sodium hydroxide ($NaOH$), and chemical modification with 0.5% ferric chloride ($FeCl_3$). Adsorption capacities of 0.33 mg/g and 0.15 mg/g were obtained, respectively. The arsenic concentration in the water was reduced from 0.039 mg/L and 0.021 mg/L to 0.006 mg/L, achieving a significant decrease in this contaminant.

The adsorption process was carried out on synthetic arsenic (V) water samples at a concentration of 0.1 ppm, using the jar test equipment of the Technology Laboratory of the Professional School of Chemical Engineering, where the effect of the variables was evaluated: pH of the solution, particle size and dose of the biosorbent.

Keywords: Biosorption, Huaraco, Arsenic(V), Huancané.

CONTENIDO

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	2
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Justificación del problema	6
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes	9
2.1.1 A nivel Internacional	9
2.1.2. A nivel Nacional	10
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1. Presencia de Arsénico en el agua	12
2.2.2. Presencia de Arsénico en agua para consumo en Perú	12
2.2.3. Problemática de arsénico en Espinar	12
2.2.4. Arsénico	13
2.2.5. Especiación del Arsénico.....	14

2.2.6. Biosorción.....	15
2.2.7. Biosorbente	15
2.2.8. Tipos de biosorbentes	16
2.2.8.1. Biomasa microbiana	16
2.2.8.2. Biomasa inerte.....	16
2.2.9. Adsorción	17
2.2.10. Tipos de adsorción	17
2.2.10.1. Fisisorción	17
2.2.10.2. Quimisorción.....	18
2.2.11. Principales factores que influyen en la capacidad de adsorción	18
2.2.11.1. Característica <i>del adsorbente</i>	19
2.2.11.2. Tiempo de contacto	19
2.2.11.3. pH.....	19
2.2.11.4. Tamaño de partícula	20
2.2.11.5. Fuerza iónica	20
2.2.11.6. Temperatura	20
2.2.11.7. Dosis	21
2.2.11.8. Área Superficial	21
2.2.11.9. Activación del biosorbente	21
2.2.11.10. Concentración inicial del metal.....	21
2.2.12. Huaraco (<i>Autrocilyndropuntia Floccosa</i>)	22

2.2.12.1. Biomasa lignocelulósica.....	24
2.2.12.2. Celulosa.....	24
2.2.12.3. Hemicelulosa	25
2.2.12.4. Lignina.....	25
2.2.13. Activación de biomasa.....	25
2.2.13.1. Hidrólisis Ácida	26
2.2.13.2. Hidrólisis Básica	26
2.2.13.3. Modificación química de la biomasa con $FeCl_3$	26
2.2.14. Técnicas Analíticas.....	27
2.2.14.1. Espectroscopia Infrarroja de Transformada de Fourier (FTIR)	27
2.2.14.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).....	28
2.2.14.3. Espectrofotometría de Absorción atómica (AAS)	28
2.3. Marco Legal	28
2.3.1. Normativa Internacional	28
2.3.2. Normativa Nacional	29
2.4. Marco Conceptual	30
2.4.1. Definición de términos	30
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Ubicación geográfica.....	33
3.2. Tipo de investigación	33
3.3. Nivel de la investigación.....	34

3.4. Muestra.....	34
3.5. Materiales, reactivos y equipos e instrumentos	35
3.5.1. Materiales de vidrio y otros.....	35
3.5.2. Reactivos.....	36
3.5.3. Equipos e instrumentos	36
3.6. Métodos	37
3.6.1. Caracterización fisicoquímica de la muestra de agua real	37
3.6.2. Recolección de la muestra de Huaraco	38
3.6.3. Determinación de humedad de la muestra de Huaraco	39
3.6.4. Obtención del biosorbente	40
3.6.4.1. Selección y limpieza	40
3.6.4.2. Pelado, lavado y trozado	43
3.6.4.3. Secado	44
3.6.4.4. Molienda y tamizado	45
3.6.4.5. Tratamiento Químico	45
3.6.4.6. Modificación de la biomasa.....	46
3.6.4.7. Secado	48
3.6.4.8. Molienda y tamizado	48
3.7. Rendimiento.....	49
3.8. Caracterización de la biomasa y del biosorbente	50
3.8.1. Análisis de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)50	50

3.8.2. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM/EDS)	50
3.9. Proceso de biosorción.....	51
3.9.1. Preparación del agua sintética de arsénico V	51
3.9.2. Proceso de Biosorción en aguas sintéticas.....	52
3.9.3. Determinación de la capacidad de biosorción y el porcentaje de remoción ..	56
3.9.4. Proceso de Biosorción en agua real	57
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1. Caracterización fisicoquímica del agua real	61
4.2. Determinación de la humedad	62
4.3. Rendimiento del proceso de activación y modificación química del biosorbente obtenido	63
4.4. Caracterización del biosorbente	66
4.4.1. Análisis de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)	66
4.4.2. Microscopía electrónica de barrido (SEM)	74
4.5. Proceso de biosorción.....	76
4.6. Análisis estadístico.....	77
4.6.1. Análisis de Varianza	77
4.6.2. Modelo matemático del proceso de adsorción	79
4.6.3. Superficie de respuesta	81
4.6.4. Efectos estimados para la capacidad de adsorción	82
4.6.5. Diagrama de Pareto.....	86
4.7. Proceso de biosorción de As en muestra de agua real	87

5. CONCLUSIONES.....	89
6. RECOMENDACIONES	91
7. BIBLIOGRAFÍA.....	92
8. APÉNDICE.....	102
9. ANEXOS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Especies del As en Función del pH.....	14
Figura 2 Cactus Huaraco	22
Figura 3 Estructura de la Biomasa Lignocelulósica.....	24
Figura 4 Regiones Específicas del Espectro Infrarrojo para Algunas Unidades Estructurales Comunes	27
Figura 5 Cactus Huaraco de la Comunidad de Chilliuhani, Cusipata, Quispicanchis, Cusco.	34
Figura 6 Cactus Huaraco	38
Figura 7 Diagrama de bloques cualitativo del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco	42
Figura 8 Selección y Limpieza del Cactus	43
Figura 9 Cactus Pelado y Cortado en Rodajas	44
Figura 10 Biomasa de Huaraco Deshidratado	44
Figura 11 Hidrólisis ácida y básica de la biomasa.....	46
Figura 12 Modificación química del biosorbente con $FeCl_3$ al 0.5%	47
Figura 13 Lavado del biosorbente después de la modificación química.....	47
Figura 14 Molienda de del biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$ (BM).....	48
Figura 15 Biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$ (BM) a diferente tamaño de partícula.....	49
Figura 16 Proceso de adsorción	53
Figura 17 Diagrama de bloques del proceso de biosorción de As (V)	55
Figura 18 Muestreo de agua de la comunidad de Huancané Bajo, Espinar.....	57

Figura 19 Diagrama de bloques del proceso de adsorción de As(V) en muestra de agua potable.....	58
Figura 20 Muestras enviadas a laboratorio para su análisis.....	59
Figura 21 Diagrama de bloques cuantitativo del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco	64
Figura 22 Espectro FTIR del biosorbente natural (BN)	66
Figura 23 Espectro FTIR del biosorbente después de la hidrólisis ácida y básica (BH)	68
Figura 24 Espectro IR del biosorbente modificado químicamente con tricloruro de hierro (BM)	70
Figura 25 Espectro FTIR del biosorbente después del proceso de adsorción (BS)	72
Figura 26 Comparación de espectros	73
Figura 27 Zona de análisis a 50X y 500X	74
Figura 28 Superficie de respuesta estimada, pH = 6.5.....	81
Figura 29 Contornos de la superficie de respuesta estimada, tamaño 28	82
Figura 30 Efectos principales para la capacidad de adsorción (q)	84
Figura 31 Diagrama de Pareto estandarizado para q.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación Taxonómica del Cactus Huaracco	23
Tabla 2 Composición química del Nopal	23
Tabla 3 Límite Máximo Permisible del Arsénico en Perú para agua de consumo humano	29
Tabla 4 Reactivos usados en el desarrollo de la Investigación.....	36
Tabla 5 Factores y niveles	53
Tabla 6 Diseño experimental.....	54
Tabla 7 Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de agua real	61
Tabla 8 Datos de porcentaje de humedad.....	62
Tabla 9 Balance de masa del proceso de obtención del BN a partir del cactus Huaraco	63
Tabla 10 Balance de masa del proceso de hidrólisis ácida y básica y modificación química	65
Tabla 11 Grupos funcionales del biosorbente natural (BN)	67
Tabla 12 Grupos funcionales identificados en el biosorbente después de la hidrólisis ácida y básica (BH).....	69
Tabla 13 Grupos funcionales identificados en el biosorbente modificado químicamente con tricloruro de hierro (BM)	70
Tabla 14 Grupos funcionales identificados en el biosorbente después del proceso de adsorción (BS).....	72
Tabla 15 Resultados del análisis elemental (EDS) del biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$ (BM)	75

Tabla 16 Capacidad de adsorción promedio	77
Tabla 17 Análisis de varianza	79
Tabla 18 Coeficiente de regresión para la capacidad de adsorción (q)	80
Tabla 19 Efectos estimados para $q(\text{mg/g})$	83
Tabla 20 Variables del proceso	87
Tabla 21 Resultado del cálculo de la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de As (V)	88

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción

La contaminación de fuentes de agua por arsénico representa un problema ambiental y de salud pública, especialmente en las comunidades donde la presencia de este metaloide en las fuentes de agua para consumo humano excede los Límites Máximos Permisibles.

El arsénico es un elemento tóxico, se encuentra en diversas concentraciones en el agua debido a factores naturales, derivados de las características geológicas de la región, como por causas antropogénicas, tales como la explotación minera y la industria. Este metaloide, cuando se encuentra en niveles elevados, afecta la salud humana, causando enfermedades crónicas como el cáncer, daños a la piel y trastornos cardiovasculares, entre otros (ATSDR, 2024). El arsénico en su forma trivalente (arsenito) presenta una toxicidad mayor que el arsénico pentavalente (arseniato) (Kuivenhoven & Mason, 2025). El arsenito es muy soluble y difícil de remover, mientras que el arseniato al ser más reactivo, se adhiere con mayor facilidad a diversos materiales lo que permite eliminarlo con mayor facilidad (Alsamman, Sotelo, Sánchez, & Rivas, 2022).

Varios estudios han demostrado que el consumo prolongado de agua contaminada con arsénico resulta en problemas de salud que afectan a poblaciones ya sean en zonas urbanas como rurales. En 2021, Amnistía Internacional realizó una investigación de campo que incluyó el análisis de metales y sustancias tóxicas a 150 personas de comunidades indígenas de Espinar, esta investigación evidenció que más del 50% de las personas en estudio tuvo niveles altos de arsénico en el organismo lo que representa un riesgo para su salud (Amnistía Internacional, 2021).

El objetivo de la investigación es evaluar la capacidad de adsorción de arsénico (V) de agua potable de la comunidad Huancané Bajo, Espinar, Cusco utilizando el biosorbente con matriz modificada obtenido a partir del cactus *Austrocylindropuntia*

floccosa (Huaraco), obtener las mejores condiciones para llevar a cabo este proceso y aplicarlo en una muestra de agua potable del sistema de agua de la comunidad de Huancané Bajo, Espinar, Cusco; así mismo, busca proponer una alternativa viable para mitigar el problema ambiental de la contaminación de fuentes de agua con arsénico (V), mediante el uso de un biosorbente derivado del cactus *Austrocylindropuntia floccosa*.. A través de este enfoque, se busca ofrecer una solución sostenible y eficiente para reducir la presencia de arsénico en el agua.

1.2. Formulación del problema

La contaminación por arsénico de fuentes de agua representa un problema ambiental significativo. En los cuerpos de agua que abastecen a las comunidades cercanas a zonas mineras el arsénico ha sido identificado como un contaminante presente en niveles peligrosos siendo una amenaza grave para la salud humana, ya que su consumo prolongado puede ocasionar enfermedades.

Durante el año 2020, el Ministerio de Salud reveló que más de 6 millones de personas se encuentran en riesgo de exposición al arsénico y otros metaloides. La provincia de Espinar es una de las zonas afectadas y como resultado, los habitantes de la zona viven expuestos a sufrir consecuencias a la salud por la exposición de Arsénico además de otras sustancias tóxicas (Amnistía Internacional, 2021).

Según los informes emitidos por la Gerencia Regional de Salud de Cusco, en la caracterización de agua realizada en las comunidades de Espinar, se identificó que las concentraciones de arsénico superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano emitido por el Ministerio de Salud (GERESA, 2022).

Por otro lado, el cactus Huaraco (*Austrocylindropuntia floccosa*) es una cactaceae que se encuentra en zonas áridas de nuestro país. Esta especie es conocida por su resistencia a condiciones de temperatura extrema y sequía, es una de las pocas especies que se puede encontrar a más de 4000 msnm.

Diversas investigaciones estudiaron la problemática de remoción de metales pesados del agua utilizando biosorbentes a partir de cactáceas, tales como Humpiri (2021), Uriel (2020) y Quispe et al., (2024). En ese contexto, resulta de gran relevancia investigar si el biosorbente con matriz modificada a partir del cactus *Austrocylindropuntia*

floccosa (Huaraco) posee la capacidad de remover arsénico (V) de agua potable de la comunidad de Huancané Bajo, Espinar, Cusco.

Además, la carencia de tecnologías accesibles y eficaces para la remoción de arsénico en el agua agrava la situación y pone de manifiesto la necesidad de encontrar soluciones viables para mitigar este problema ambiental.

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la capacidad de biosorción de arsénico (V) en agua potable con matriz modificada de *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) en la comunidad de Huancané Bajo-Espinar-Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de la muestra de agua proveniente del sistema de agua potable de la comunidad Huancané Bajo, Espinar, Cusco?
- ¿Cuáles son los grupos funcionales identificados en el biosorbente con matriz modificada obtenido a partir del cactus *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) antes y después del contacto con Arsénico (V) contenido en soluciones sintéticas?
- ¿Cuál es la influencia de la dosis de biosorbente, pH y tamaño de partícula en la capacidad de adsorción de arsénico (V) de aguas sintéticas?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la capacidad de biosorción de arsénico (V) en agua potable con matriz modificada de *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) en la comunidad de Huancané Bajo-Espinar-Cusco.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente la muestra de agua proveniente del sistema de agua potable de la comunidad Huancané Bajo, Espinar, Cusco.
- Identificar los grupos funcionales del biosorbente con matriz modificada obtenido a partir del cactus *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) antes y después del contacto con arsénico (V) contenido en soluciones sintéticas.
- Evaluar la influencia de la dosis de biosorbente, pH y tamaño de partícula en la capacidad de adsorción de arsénico (V) de aguas sintéticas.

1.4. Justificación del problema

La presencia de arsénico (V) en agua para consumo humano representa una grave amenaza a la salud pública y su solución contribuiría de manera significativa a mejorar la calidad del agua potable y la calidad de vida de los pobladores de la comunidad Huancané Bajo y comunidades afectadas.

Con un enfoque ambiental la investigación contribuirá a identificar y caracterizar un biosorbente basado en el cactus *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) con capacidad de remoción de arsénico (V), promoviendo el aprovechamiento de recursos naturales y de esta manera favoreciendo la sostenibilidad ambiental y la mejora de la calidad de vida de la población afectada; por otro lado, los resultados de la investigación

permitirán generar conocimiento científico como base para líneas de investigación futuras, contribuir al desarrollo de nuevas tecnologías y aportar soluciones prácticas para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico (V).

Esta solución no solo sería accesible, sino que también aprovecharía los recursos naturales locales, contribuyendo a un enfoque alineado con los principios de sostenibilidad y economía circular.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 A nivel Internacional

Rahman et al., (2023) en su investigación titulada “Adsorption Behavior of Eggshell on Arsenic (V) Ion” se estudió el efecto del tamaño de partícula en el proceso de adsorción de As, las variables independientes del proceso fueron el pH, la concentración inicial de arsénico, la temperatura y la dosis de adsorbente. En la investigación se estudió 5 tamaños de partícula diferentes ($53\text{ }\mu\text{m}$, $63\text{ }\mu\text{m}$, $75\text{ }\mu\text{m}$, $150\text{ }\mu\text{m}$, $250\text{ }\mu\text{m}$) y se calculó la capacidad de adsorción para cada experimento, la concentración inicial de arsénico fue de 2.5 mg/L . Obtuvieron una capacidad de adsorción de 0.675 mg/g para un tamaño de partícula de $53\text{ }\mu\text{m}$ y 0.5625 mg/g para un tamaño de partícula de $250\text{ }\mu\text{m}$, por lo que determinaron que a menor tamaño de partícula la tasa de adsorción era alta debido a que se tenía una superficie mayor.

Rahdar et al., (2019) en su estudio intitulado “Adsorption of arsenic (V) from aqueous solution using modified saxaul ash: Isotherm and thermodynamic study, 2018”. Investigaron la adsorción de As de una solución acuosa utilizando ceniza del árbol Saxual modificada. Se estudió el efecto de variables pH, tiempo de contacto, concentración de arsénico, dosis de adsorbente y temperatura, así mismo, para comprender de mejor manera el proceso de adsorción de As se realizaron estudios cinéticos, isotérmicos y termodinámicos. Se obtuvo un porcentaje de remoción de arsénico del 94.62% con una concentración inicial de As de $250\text{ }\mu\text{g/L}$, pH de 7, temperatura de 323 K y una dosis de adsorbente de 1.5 g/L , esto evidencia la alta capacidad de adsorción y la eficiencia del adsorbente natural en la eliminación del As. En dicho estudio se observó que se obtenían mejores resultados para la capacidad de adsorción al aumentar la concentración inicial de arsénico debido a la fuerza de atracción de transferencia de masa.

Hansen et al., (2006) en su investigación “Biosorption of arsenic(V) with *Lessonia nigrescens*”, realizaron el estudio de la biosorción de arsénico a partir de un biosorbente obtenido de algas. Esta investigación estudió la influencia del pH en el proceso de bioadsorción de As, los valores estudiados fueron a pH 2.5, 4.5 y 6.5 a un pH de 2.5; se obtuvo la mejor capacidad de adsorción con un valor de 45.2 mg/g a diferencia de los otros experimentos, lo que indica que a medida que se reduce el pH la capacidad de adsorción es mayor.

2.1.2. A nivel Nacional

Quispe et al., (2024) su investigación “Remoción de metales pesados utilizando mucilago de cactus en la laguna Smelter de Cerro de Pasco, Perú – 2023”. El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad del mucilago de cactus en la remoción de los metales pesados. El estudio se realizó con un enfoque experimental, se tomó dos muestras de agua de la laguna, se analizó los parámetros de turbidez, pH, temperatura, conductividad y metales pesados. Los resultados mostraron que el pH disminuyó de 8.25 a 7.06 y la turbidez redujo de 320,00 NTU a 145,00 NTU. En cuanto a los metales pesados se observó una disminución en la concentración de aluminio, cobre, plomo y zinc, demostrando que el mucilago de cactus funciona como un tratamiento natural efectivo para reducir los niveles de metales pesados en aguas contaminadas, destacando una mayor disminución porcentual en el cobre y aluminio.

Saenz Gomez et al., (2023) estudió como biosorbente a la totora como biomasa seca y también a la totora con cloruro férrico, así como el efecto que estos tienen en la reducción de arsénico con una concentración inicial modificada de 0.03821 g/L en aguas procedentes del distrito de Caracoto de la región de Puno. En tanto a la biomasa seca sin modificación se estudió la influencia de la dosis y pH obteniendo los mejores resultados con valores de 0.5 g y 10 respectivamente, el valor obtenido para la eficiencia de

remoción de arsénico fue de 72.9%, no obstante en la biomasa modificada con cloruro férrico 0.1 mol/L se varió dosis y pH alcanzando el mejor resultado con valores de 0.8 g y pH 10 con una eficiencia de remoción de arsénico de 87.6%, siendo este el mejor método para su aplicación en el distrito de Caracoto del departamento de Puno.

Humpiri (2021) en su investigación titulada “Bioadsorción de arsénico en aguas de pozo tubular de la ciudad de Juliaca con biomasa de waraqko (*Equinopsis maximiliana*)” analizó la capacidad de bioadsorción de arsénico a partir de la biomasa obtenida del cactus waraqko (*Equinopsis maximiliana*), para mejorar la capacidad de adsorción de As la biomasa fue tratada con ácido nítrico e hidróxido de sodio, además se realizó la modificación química con una solución de tricloruro de hierro al 3%. Los ensayos de adsorción fueron realizados con una dosis de 0.4 g de adsorbente a condiciones ambientales, la concentración inicial de arsénico fue de 75 µg/L logrando reducir hasta un valor de 7 µg/L, se obtuvo un porcentaje de remoción de arsénico del 90% y una capacidad de adsorción de 18.80 µg/g de As.

Fernández (2015) en su investigación titulada “Adsorción de plomo de aguas contaminadas usando el cactus gigantón (*Trichocereus cuzcoensis*)” cuyo objetivo fue remover el plomo (II) de aguas contaminadas a través de un proceso de adsorción utilizando el cactus gigantón. En la investigación se logró obtener el adsorbente con clorofila y sin clorofila a partir del cactus gigantón. Los resultados mostraron que la mayor capacidad de adsorción se alcanzó con una dosis de 0.1 g/L y un pH de 4 tanto para el adsorbente con clorofila y para el adsorbente sin clorofila. Las pruebas preliminares indicaron que el adsorbente sin clorofila tuvo un mejor desempeño, logrando una capacidad de adsorción de 298.1 mg/g, lo que equivale a una eficiencia del 99.37%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Presencia de Arsénico en el agua

Las concentraciones de arsénico en aguas subterráneas y superficiales aumentan debido a actividades humanas como minería, refinerías, lodos de aguas residuales, industria, agroquímicos, entre otros. Además, procesos naturales como la meteorización, erosión de rocas, emisiones volcánicas contribuyen a la presencia de arsénico en los cuerpos de agua. El arsénico en el agua se encuentra en forma inorgánica (arsenito y arseniato) y orgánica (compuestos de metil y dimetil arsénico) (Niesan et al., 2023).

La presencia del arsénico en el agua se encuentra en forma inorgánica como arseniato donde el arsénico (V) aparece como H_3AsO_4 (este se puede disociar en $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ y AsO_4^{3-}) y arsenito que figura como H_3AsO_3 (con sus correspondientes productos de disociación $H_4AsO_3^+$, $H_2AsO_3^{3-}$, $H_3AsO_3^{2-}$ y AsO_3^{3-}), el arsénico con estado de oxidación +5 se encuentra en su mayoría en aguas superficiales por su alto contenido de oxígeno (Mendieta, 2008).

2.2.2. Presencia de Arsénico en agua para consumo en Perú

El Ministerio de Salud ha reconocido la contaminación del agua por arsénico, así como otros metales, entre los departamentos principalmente más afectados figura Arequipa, Apurímac, Puno, Cusco, Loreto, Cajamarca, Pasco, Junín, Ica, Huancavelica, Ayacucho, Moquegua y Tacna. En Perú son más de 10 millones de personas que están expuestas a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas (ONU, 2022).

2.2.3. Problemática de arsénico en Espinar

A través del Informe Técnico N°002-2022-EIR-DEIPCROA-CENSOPAS/INS, el INS emitió un informe sobre los resultados obtenidos en la provincia de Espinar, en el que

señala que, de las 88 personas seleccionadas para evaluar la presencia de metales pesados en sus organismos, 62 superaron los valores de referencia para arsénico en el organismo (CENSOPAS, 2022).

Así mismo, la GERESA a través de los informes emitidos, correspondientes a los monitoreos de parámetros microbiológicos, organolépticos y químicos inorgánicos del agua para consumo humano en comunidades originarias de Espinar, evidenciaron la exposición al arsénico en las poblaciones de las comunidades de Huano, Huancane Bajo, Huni, Corocchohuayco, Cama, Suero, Vizcachani, Rio Salado, Huinomayo Pampa, Choquepito y Yanacollpa, identificando así el riesgo a la salud (GERESA, 2021).

2.2.4. Arsénico

El arsénico es el vigésimo elemento más abundante en la corteza terrestre, es un metaloide con número atómico 33, de masa atómica de 74.922 y densidad 4.32 g/cm³, tiene cuatro estados de oxidación, entre ellos arseniato As(V), arsenito As (III), arsénico elemental As (0) y arcina As (-III), se encuentra de forma orgánica e inorgánica siendo este último tóxico para la salud. Cabe indicar que los estados de oxidación de mayor interés en estudios ambientales son el arsénico trivalente y pentavalente debido a que estos predominan en aguas superficiales y subterráneas (Medina Robles et al., 2018).

El arsénico presenta un mayor potencial de oxidación que el nitrógeno y el fosforo, lo que le permite exhibir fácilmente los estados de oxidación +3 y +5 (Niesan et al., 2023).

La Organización Mundial de la Salud indica que, en su forma inorgánica, el arsénico es altamente tóxico, y la mayor amenaza proviene del consumo uso de agua contaminada con metales pesados para beber o preparar alimentos. Además, el arsénico en su forma inorgánica es carcinogénico y se considera el contaminante químico más relevante en el agua potable a nivel mundial (ATSDR, 2024).

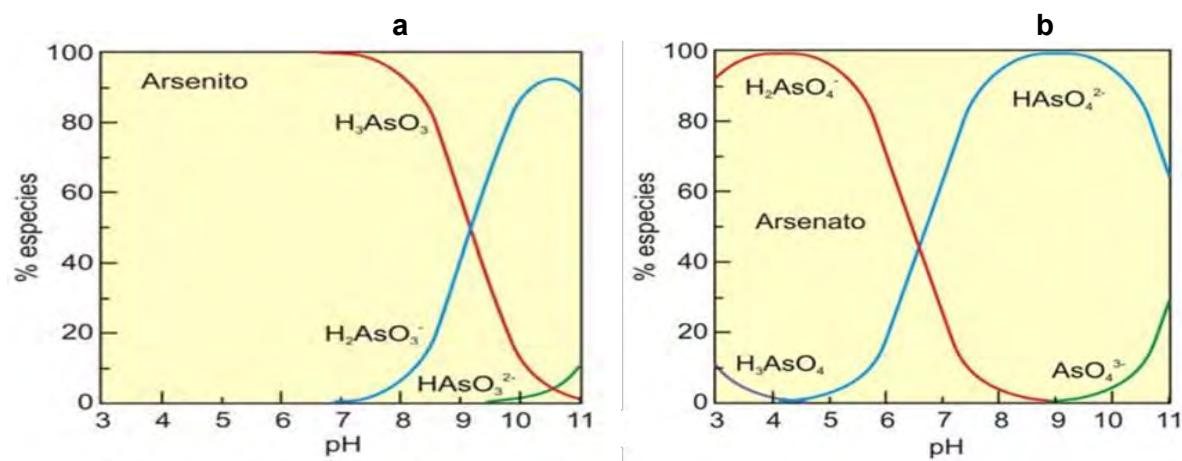
2.2.5. Especiación del Arsénico

El potencial redox y el pH influyen considerablemente en los procesos de oxidación y reducción del arsénico. En su forma natural en fuentes de agua, el arsénico se encuentra principalmente como oxianiones de arsenito trivalente o arseniato pentavalente (Niesan et al., 2023).

La disociación de especies del arsénico (V) varía en función al pH, el mismo que se observa en la Figura 1, de manera que la forma predominante del arsénico con valencia III es el ácido arsenioso (H_3AsO_3) que a valores de pH menores a 9 no se ioniza, de forma que dificulta la remoción de arsénico, no obstante la especie de arsénico predominante con número de oxidación V se encuentra como ácido arsénico (H_3AsO_4) por lo que se considera un ácido relativamente fuerte, a valores de pH menores que 6.9 este se encuentra como $H_2AsO_4^-$, mientras que a pH mayores la especie que predomina es $HAsO_4^{2-}$ finalmente a condiciones muy básicas la especie que predomina es AsO_4^{3-} (Roque et al., 2022).

Figura 1

Especies del As en Función del pH



Nota. (a) Especies del As (III) en función del pH y (b) especies de As (V). Extraído de Litter et al., (2009, p.21)

El arsénico en su forma de arsenito usualmente es más complicado de eliminar a comparación que el arseniato, por lo que, la mayoría de los métodos de remoción requieren una etapa de oxidación como parte de un pretratamiento que buscar convertir el arsenito en arseniato para conseguir una eliminación eficaz (Chowdhury & Mulligan, 2011).

2.2.6. Biosorción

Es la capacidad de una biomasa, ya sea viva o muerta, para capturar metales mediante mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico. El proceso de biosorción involucra dos fases: una fase sólida (sorbente) y una fase líquida (solvente), que contiene las especies disueltas que serán absorbidas (iones metálicos) (Cañizares, 2000).

La biosorción es un proceso físico químico que abarca mecanismos como absorción, adsorción, intercambio iónico, complejación en la superficie y precipitación (Gadd, 2009).

Las ventajas de emplear biomasas para la eliminación de contaminantes en los efluentes radican en que estos materiales tienen una alta eficiencia de adsorción, son fáciles de recolectar y manipular, tienen un bajo costo y están ampliamente disponibles. Así, el uso de biomateriales para la eliminación de metales pesados ha emergido como una alternativa prometedora frente a las técnicas tradicionales (Areco & Dos Santos, 2011).

2.2.7. Biosorbente

Existen muchos materiales capaces de unirse a metales por lo que es necesario que estos tengan una alta capacidad de unión al metal y selectividad para poder ser usados a gran escala. Se ha demostrado que la capacidad de los biomateriales para

eliminar contaminantes está vinculada a la amplia diversidad de grupos funcionales presentes en su estructura. La composición de estos grupos no muestra variaciones significativas entre especies distintas de la misma familia. Generalmente la presencia de lignina, celulosa y hemicelulosa en los biosorbentes favorece la unión de iones metálicos en su superficie (Zea, 2017).

La capacidad de cada biomasa para adsorber y concentrar metales pesados puede ser más o menos selectiva, dependiendo del tipo de biomasa empleada, el pretratamiento del material biosorbente, la composición de la solución y los procesos físico químicos involucrados (Gadd, 2009).

Entre los materiales más empleados en procesos de adsorción se incluyen algas, lignina, materiales ricos en taninos, quitosano, quitina, xantato, zeolitas, musgo, madera, hojas de árboles, pectinas, hongos, entre otros.

2.2.8. *Tipos de biosorbentes*

2.2.8.1. Biomasa microbiana

La biomasa microbiana puede ser usada en su estado natural o modificada, los microorganismos y sus productos pueden ser bioacumuladores muy eficientes de metales solubles y particulados, especialmente a partir de concentraciones externas diluidas y esta técnica ofrece una alternativa para la eliminación o recuperación de metales, sin embargo para la eliminación de metales con células vivas pueden causar en ellas el envejecimiento y por consiguiente la inactivación de la biomasa (Begazo & Pareja, 2019).

2.2.8.2. Biomasa inerte

Este tipo de biomasa busca la remoción de metales pesados en aguas usando biomasas de origen biológico como cáscaras, semillas, pulpa de frutas y productos

agrícolas, todos ellos son de bajo costo y se encuentran en gran abundancia además de que el proceso de transformación a biosorbentes es rentable y de procedimiento sencillo (Begazo & Pareja, 2019).

2.2.9. Adsorción

Areco y Santos, (2011) definen la adsorción como un proceso en el que las moléculas se adhieren a una fase sólida. Aunque el término esté relacionado con fenómenos de superficie, el “secuestro” de los iones en solución puede depender de fenómenos físicos o de diferentes tipos de procesos químicos. La adsorción física no es selectiva y, las fuerzas que atraen a los iones hacia el adsorbente son débiles: pueden ser el resultado de tres tipos de unión: una química, una física y/o una combinación de ambas.

La cantidad de metal adsorbido depende, no solo del material adsorbente, sino del tipo de ion metálico, su concentración, la temperatura, el pH, la fuerza iónica y el efecto de otros metales presentes en la solución (Gadd, 2009).

La adsorción de contaminantes se puede realizar usando materiales orgánicos e inorgánicos, para tal fin es de importancia considerar diversos parámetros (Sarria, Gallo, & Benítez, 2020).

2.2.10. Tipos de adsorción

Según las fuerzas de interacción entre las moléculas del adsorbente y el adsorbato, existen dos tipos principales de adsorción:

2.2.10.1. Fisisorción

Este tipo de adsorción es más común y puede invertirse con facilidad. La capa adsorbida en este proceso puede tener un espesor que varía desde una sola molécula

hasta varias, ya que las fuerzas de Van Der Waals pueden extenderse de una capa de moléculas a otras (Cárdenas & Ulloa, 2013).

Las moléculas adsorbidas están débilmente unidas a la superficie y los calores de adsorción son bajos, del orden de algunos KJ, similares al calor de vaporización del adsorbato. Un aumento en la temperatura reduce significativamente la adsorción (Fernández F. , 2011).

2.2.10.2. Quimisorción

Ocurre cuando las moléculas adsorbidas reaccionan químicamente con la superficie, lo que implica la formación y ruptura de enlaces. La adsorción química no excede una monocapa en la superficie. Se produce cuando las moléculas adsorbidas reaccionan químicamente con la superficie del adsorbente. Este tipo de unión es más fuerte y requiere mayor energía para eliminar las moléculas adsorbidas en comparación con la fisisorción (Fernández F. , 2011).

Es un tipo de adsorción difícilmente reversible y requiere un catalizador para separar las capas de moléculas formadas durante el proceso.

2.2.11. Principales factores que influyen en la capacidad de adsorción

La adsorción está principalmente determinada por tres tipos de factores: las propiedades del contaminante (como el radio del ion, la valencia, el tamaño del compuesto, entre otros), los parámetros físico-químicos y las condiciones del entorno (pH, temperatura, tiempo de contacto, presencia de otras especies, fuerza iónica) y las características del biomaterial (como la pared celular, la fase de crecimiento o los grupos funcionales) (Carro de Diego, 2012).

2.2.11.1. Característica del adsorbente

Para realizar el proceso de adsorción es importante tener en cuenta las características del adsorbente para saber la cantidad de grupos funcionales que este dispone, por lo que se debe realizar su caracterización iniciando con un pretratamiento que implica el lavado, secado y triturado, en ciertas ocasiones se modifica químicamente para mejorar la capacidad de adsorción (Carro de Diego, 2012).

2.2.11.2. Tiempo de contacto

El tiempo de contacto es el tiempo de equilibrio entre el soluto y el adsorbente, para que se complete el proceso de adsorción y conocer la cinética del proceso. Este tiempo, necesario para que el proceso de adsorción se complete, es crucial para llevar a cabo otros estudios y optimizar el proceso. El tiempo de reacción también puede depender de diversas condiciones experimentales, como la concentración del contaminante o la cantidad de adsorbente utilizado (Carro de Diego, 2012).

2.2.11.3. pH

Este factor es clave para el proceso de adsorción, depende del tipo o naturaleza del biosorbente y la distribución de la especie que se desea remover se comporta al variar el pH, la biosorción de cationes pueden ser favorecidos a pH superiores a 4.5 no obstante si se desea remover aniones tiene mayor afinidad para ser adsorbido en pH entre 1.5 y 4 (Begazo & Pareja, 2019).

Este parámetro influye en la capacidad de adsorción de tres maneras: el pH del medio afecta el estado de los sitios activos de la biomasa, haciéndolos más o menos accesibles para unirse a los compuestos en solución; valores extremos de pH pueden dañar la estructura del material; y la especiación y solubilidad del metal en solución, que dependen directamente del pH, son factores clave (Chojnacka, 2010).

2.2.11.4. Tamaño de partícula

La adsorción se realiza principalmente en el interior de las partículas del adsorbente sobre las paredes de los poros. La cantidad de contaminante en la solución es directamente proporcional al volumen que es también directamente proporcional al área externa (Begazo & Pareja, 2019).

2.2.11.5. Fuerza iónica

Este factor se considera tan importante como el pH. En general, la eliminación del metal aumenta cuando la fuerza iónica disminuye, debido a la competencia por los sitios de enlace entre los iones metálicos y los iones de las sales presentes en el medio, que regulan la fuerza iónica. Iones como Na^+ o Mg^{2+} aumentan la fuerza iónica de la solución, lo que reduce la adsorción del metal. Este efecto se debe a que estos iones pueden competir con el metal por los sitios de enlace a través de procesos electrostáticos (Liu & Wang, 2009).

2.2.11.6. Temperatura

Al incrementar la temperatura la textura del biosorbente puede variar puesto que la biomasa es porosa y llegaría a tener un deterioro en la estructura del material y por tanto pérdida de capacidad de bioadsorción (Tejada et al., 2015). En algunos casos este factor no tiene considerable importancia desde el punto de aplicación ya que su modificación encarece la operación (Begazo & Pareja, 2019).

En términos generales, se ha demostrado que la temperatura tiene una influencia reducida en la capacidad de adsorción, y el proceso apenas experimenta cambios al modificar este parámetro. En algunos casos, se han observado mejores capacidades de adsorción con el aumento de la temperatura, lo que sugiere que el proceso es endotérmico. Esta tendencia indica que, al elevar la temperatura, un mayor número de

sitios activos participan en la unión con el compuesto o que existe una mayor afinidad entre el adsorbente y el adsorbato. Sin embargo, en otros casos, el aumento de la temperatura puede afectar o dañar la estructura del material, reduciendo la adsorción (Liu & Wang, 2009).

2.2.11.7. Dosis

La cantidad de adsorbente influye en el grado de adsorción, el incremento de dicha cantidad aumenta los sitios disponibles y como consecuencia la biosorción (Tarabaki & Heidarizadi, 2018). No obstante, un punto importante es que al incrementar considerablemente la biomasa este puede aglomerarse consiguiendo que la superficie de contacto se obstruya y por tanto los sitios activos (Fernández U. R., 2015).

2.2.11.8. Área Superficial

Como el proceso de adsorción es un fenómeno superficial, el área superficial es un factor importante, por tanto, a mayor área superficial del adsorbente mayor adsorción (Fernández U. R., 2015).

2.2.11.9. Activación del biosorbente

Al realizar una activación a la superficie del sorbente este provee mayor número de sitios disponibles en su superficie. El proceso de activación da lugar al rompimiento de estructuras de la biomasa en pequeñas piezas mediante métodos específicos como tratamiento ácido y/o alcalino (Fernandez & Maldonado, 2020).

2.2.11.10. Concentración inicial del metal

Considerado como un factor importante en la adsorción, a mayor concentración inicial del metal aumenta la capacidad de adsorción, esto se debe a que los iones del metal disponibles son mayores a concentraciones altas, por el número constante de

suficientes sitios o centros disponibles en la superficie del adsorbente (Tejada et al., 2019). Por lo que es posible afirmar que ambas magnitudes son directamente proporcionales, mientras sea mayor la concentración inicial del metal, el porcentaje de eliminación de arsénico aumenta.

2.2.12. Huaraco (*Autrocilyndropuntia Floccosa*)

La especie *Austrocylindropuntia Floccosa* comúnmente denominada “Huaraco” fue descrita por (Salm-Dyck) F.Ritter y publicada en el libro de ilustraciones y descripciones botánicas “Kakteen in Südamerika”. Por otro lado, la especie que crece con éxito en las alturas del centro y sur del Perú es la *Astrolylindropuntia Floccosa* que forma colonias cubiertas de pelo planco hasta los 4800 msnm (Ostolaza, 2014).

En la Figura 2 se muestra la apariencia del Huaraco (*Autrocilyndropuntia Floccosa*)

Figura 2

Cactus Huaraco



Nota. El cactus Huaraco se encuentra en las montañas de Perú, donde es común a altitudes desde 3500 hasta 4800 m.s.n.m. por Ostoloza, (2014).

Su clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1*Clasificación Taxonómica del Cactus Huaracco*

Reino: <i>Plantae</i>	Familia: <i>Cactaceae</i>
Subreino: <i>Tracheobionta</i>	Subfamilia: <i>Opuntioideae</i>
División: <i>Magnoliophyta</i>	Tribu: <i>Astrocytropuntieae</i>
Clase: <i>Magnoliopsida</i>	Género: <i>Astrocytropuntia</i>
Subclase: <i>Caryophyllidae</i>	Especie: <i>Astrocytropuntia Floccosa</i>

Nota. Adaptado de F. Ritter, (1981).

Chávez, (2016) en su línea de investigación confirmó que la especie *Astrocytropuntia Floccosa* es un coagulante eficiente de tal modo que logró disminuir la turbidez de 27.5 a 4.5 NTU con 80 ml de coagulante obteniendo de dicha especie.

Maki, (2015) realizó la comparación de la composición química del nopal verdura y exportación identificó las siguientes variables (ver Tabla 2), estos valores se pueden usar como referencia de la composición de la especie en estudio debido a que pertenecen a la misma familia. Los resultados del análisis de los grupos funcionales mostraron como resultado que la presencia de cenizas, fibra y azúcares, así mismo identificaron los grupos funcionales (O-H, C-H, C=O, C-N y enlaces C-O) (Vargas et al., 2022).

Tabla 2*Composición química del Nopal*

Variable	Valor
Humedad (%)	94.84
Acidez (%)	1.11
Mucilago (%)	4.50
Clorofila (mg 100g ⁻¹)	8.50
Carotenoides (mmol g ⁻¹)	1.63

Nota. Adaptado de Maki, (2015).

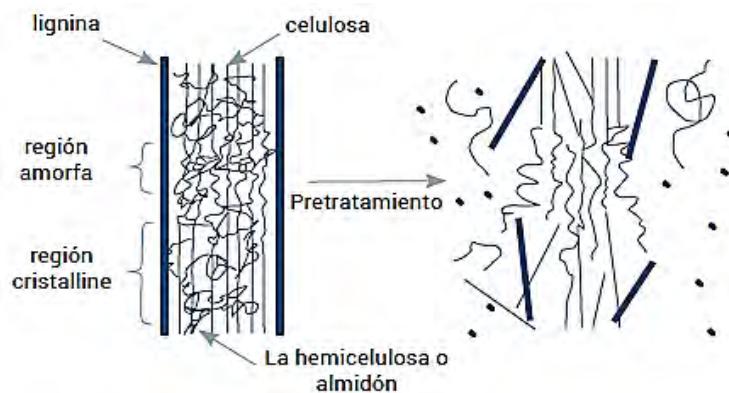
Luna et al., (2023) manifiesta que el mucílago es un polisacárido de origen vegetal con un peso molecular elevado, compuesto principalmente por arabinosa, xilosa, galactosa, ácido galacturónico y ramnosa. Se comporta como un polielectrolito de cadena larga, lo que significa que tiene grupos funcionales cargados negativamente a lo largo de toda su estructura molecular.

2.2.12.1. Biomasa lignocelulósica

La especie Huaraco es considerado como un material lignocelulósico, por consiguiente, tiene cadenas de polímeros, entre ellos, la celulosa, hemicelulosa y lignina. La Figura 3 muestra la estructura de la biomasa lignocelulósica.

Figura 3

Estructura de la Biomasa Lignocelulósica



Nota: En la Figura 3 se observa la composición típica de un material lignocelulósico, fuente (Cortés, 2014).

2.2.12.2. Celulosa

La celulosa se encuentra en abundancia en el reino vegetal y se considera como un polímero importante y está compuesta por subunidades de D-glucosa unidas por un enlace glucosídico β 1-4, la función más importante que cumple es la de dar rigidez a la

pared celular vegetal. Por otro lado, las microfibrillas de celulosa forman una estructura paracristalina estabilizada a través de enlaces de hidrógeno (Demirbas, 2008).

2.2.12.3. Hemicelulosa

En las plantas, la hemicelulosa al igual que la celulosa contienen largas cadenas, su estructura es compleja de carbohidratos como xilosa (es el componente dominante) y arabinosa (pentosas), manosa, glucosa y galactosa (hexosa) y ácidos de azúcar (Fengel, Wegener, & Gruyter, 1984).

2.2.12.4. Lignina

La Lignina es un heteropolímero que forma parte de la pared celular cumple la función de proveer rigidez estructural; así como, la resistencia a la tensión y la presión hídrica (Maceda, Soto, Peña, Trejo, & Terrazas, 2022). Es la sustancia más abundante en la matriz de la pared celular de las plantas vasculares, compuesta por tres monómeros monolignoles (Chavez & Domine, 2013).

La lignina es aplicada en el tratamiento de aguas como adsorbente de metales pesados, ya que es un polímero que presenta diferentes grupos funcionales como hidroxilos fenólicos, grupos metoxilos y carboxílicos (Harkin, 1972) los que son responsables de la adsorción de metales.

2.2.13. Activación de biomasa

Considerado como un tratamiento químico al que se somete cierta biomasa para mejorar la capacidad de adsorción, y consiste en un proceso de hidrólisis ácida y básica (Vargas R. , 2022).

2.2.13.1. Hidrólisis Ácida

La hidrólisis ácida es un tratamiento químico en el que se lleva a cabo por temperaturas elevadas, es decir por calentamiento con una solución ácida, estos ácidos comúnmente pueden ser ácido clorhídrico, perclórico, sulfúrico, nítrico o ácidos débiles como fórmico y acético, el objetivo de la hidrólisis ácida es descomponer la hemicelulosa en sus monómeros básicos (Cheng, Cai, Zhang, & Ling, 2008).

2.2.13.2. Hidrólisis Básica

El propósito de tratar una biomasa con una base, como el hidróxido de sodio, es romper los enlaces entre la celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que resulta en un aumento del área superficial y la porosidad de la biomasa (Zhao, Zhang, & Liu, 2008).

2.2.13.3. Modificación química de la biomasa con $FeCl_3$

En diversos estudios se ha reportado el uso de hierro para modificar químicamente la biomasa con el objetivo de crear materiales con una alta capacidad de adsorción de arsénico (Chen, Parette, Cannon, & Dempsey, 2007). El empleo de cloruro, por ejemplo, favorece la conversión del arsénico trivalente a su forma pentavalente, lo que facilita su coprecipitación con los hidróxidos férricos en mayor medida que el arsénico trivalente (Pal, 2020).

Por otro lado, los iones de hierro logran conectar eficientemente los polímeros dispersos, lo que aumenta la cantidad de sitios activos para la eliminación de As (III) y As(V). Además, los adsorbentes sintetizados que contienen hierro son adecuados para un amplio rango de pH (Xi, y otros, 2020).

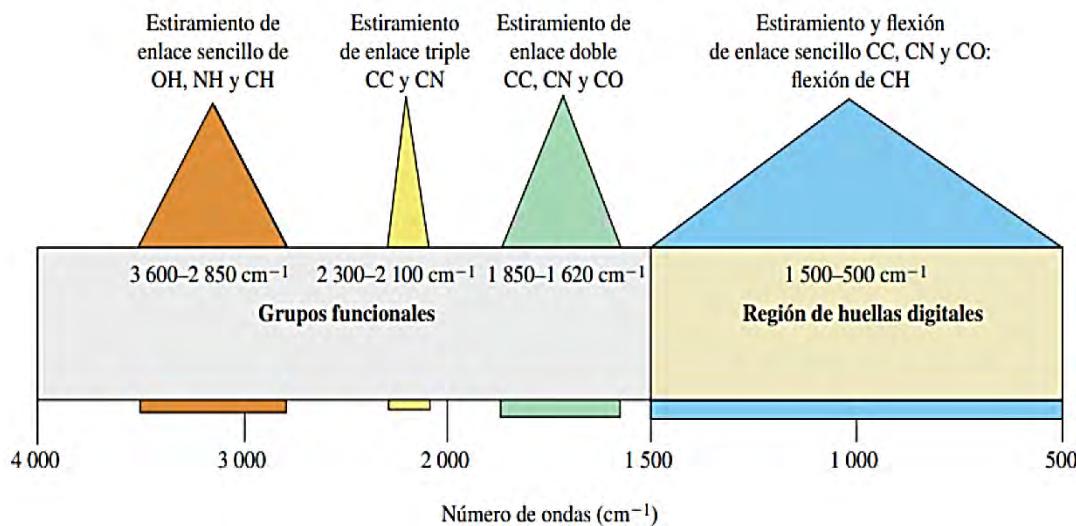
2.2.14. Técnicas Analíticas

2.2.14.1. Espectroscopia Infrarroja de Transformada de Fourier (FTIR)

Esta técnica se utiliza para caracterizar los grupos funcionales presentes en biosorbentes, un espectro infrarrojo se asemeja a una huella dactilar de una molécula, en el que se muestra bandas a diferentes números de onda para diferentes tipos de enlace en un compuesto químico, aunque no es una técnica para cuantificar (Del carpio Jiménez, 2017). Un espectro infrarrojo se divide en dos partes tal como se muestra en la Figura 4, la primera entre 4000 y 1500 cm^{-1} los picos que se encuentran en este rango se originan de vibraciones de enlaces presentes en las moléculas consideradas como grupos funcionales. Los picos que se encuentran en el rango de 1500 y 500 cm^{-1} se generan por varias vibraciones de enlace presentes en la estructura (Carey & Giuliano, 2014).

Figura 4

Regiones Específicas del Espectro Infrarrojo para Algunas Unidades Estructurales



Nota. Generalmente, las absorciones arriba de 1500 cm^{-1} son las más fáciles de asignar y proporcionan la información más útil. Fuente: (Carey & Giuliano, 2014)

2.2.14.2. Análisis de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Considerado como una técnica muy conocida y utilizada para el análisis de características microestructurales de sólidos, es capaz de facilitar información de la morfología y características de la superficie externa del sólido (Vargas R. , 2022).

2.2.14.3. Espectrofotometría de Absorción atómica (AAS)

Para cuantificar elementos metálicos, se utiliza la espectroscopía de absorción atómica por generación de hidruros. Esta técnica se basa en la capacidad de elementos como el arsénico y el selenio para formar hidruros volátiles al reaccionar con el agente reductor borohidruro de sodio (NaBH_4), lo que convierte al metal en un hidruro gaseoso. Este hidruro es transportado por una corriente de gas inerte hacia un mechero o una celda calentada eléctricamente, donde se descompone, liberando el analito. Luego, un haz de luz atraviesa los átomos, y la disminución de su intensidad está directamente relacionada con la concentración del analito en la muestra. Esta técnica de atomización ofrece una sensibilidad de 500 a 1 000 veces mayor que la técnica tradicional de llama (Alvarez, Vergara, Acevedo, & Severiche, 2014).

2.3. Marco Legal

2.3.1. Normativa Internacional

Desde 1958, la OMS (Organización Mundial de la Salud) ha publicado de manera periódica los "Estándares Internacionales de Agua Potable", posteriormente estos fueron denominados "Guías para la Calidad del Agua Potable". Estas guías internacionales tienen como objetivo mejorar la calidad del agua potable y proteger la salud humana, sirviendo como base para la regulación de los estándares de agua potable en diversos países a nivel mundial (OMS, 2011).

La OMS fija un límite máximo recomendado de arsénico en el agua potable de 10 microgramos por litro ($\mu\text{g/L}$), equivalentes a 10 partes por billón (ppb). Este umbral se establece a partir de investigaciones de salud que evidencian los riesgos para la salud humana derivados de la exposición prolongada al arsénico, tales como el cáncer y trastornos en la piel.

2.3.2. Normativa Nacional

El Decreto Supremo N°031-2010-SA del Perú establece los límites máximos permisibles para la presencia de contaminantes en el agua destinada al consumo humano. En relación al arsénico, el decreto fija un límite máximo de 10 microgramos por litro ($\mu\text{g/L}$) como se muestra en la Tabla 3, en línea con las recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (MINSA, 2010). Este decreto tiene como objetivo proteger la salud pública, regulando los niveles de contaminantes en el agua potable y asegurando que el suministro de agua cumpla con los estándares de calidad adecuados para evitar riesgos de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada, como el cáncer y otros problemas de salud derivados de la exposición al arsénico. El decreto también establece la obligación de realizar monitoreos regulares para garantizar que los niveles de arsénico en las fuentes de agua no superen este límite, y en caso de detectarse concentraciones superiores, se deben implementar medidas correctivas para reducir la contaminación y proteger a la población.

Tabla 3

Límite Máximo Permisible del Arsénico en Perú para agua de consumo humano

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Arsénico	mg As L ⁻¹	0.010

Nota. Adaptado de MINSA, (2010).

2.4. Marco Conceptual

2.4.1. Definición de términos

Biosorción: Se trata de una técnica que consiste en la eliminación de metales pesados por la unión pasiva a biomasa no viva a partir de soluciones acuosas (Carro de Diego, 2012).

Bioadsorción: Se refiere a un proceso fisicoquímico que ocurre entre dos sustancias, en especial la unión de una especie química a una superficie (Sanchez, González, Blancas, & Fonseca, 2020).

Biomasa: Fracción biodegradable de productos, desechos y residuos de la agricultura, la silvicultura y las industrias relacionadas, que incluye materiales como árboles, cultivos, algas, residuos agrícolas y forestales y residuos sólidos urbanos orgánicos (Sala, y otros, 2010).

Biosorbente: Conjunto de materiales de origen natural o biológico presentes en residuos derivados de actividades industriales o agrícolas, como cáscaras de semillas, cáscaras y semillas de frutas, entre otros. Estos materiales se emplean comúnmente para la remoción de agentes contaminantes debido al bajo costo que implica su utilización. Suelen ser pretratados por lavado con ácidos y/o bases, antes de secada y molida. (Sala, y otros, 2010).

Metaloide: Son elementos químicos con propiedades intermedias entre los metales y no metales. Entre estas propiedades intermedias se encuentran la electronegatividad, la densidad, la energía de ionización, la resistencia, la conductividad térmica, el punto de fusión y la conductividad eléctrica (Long & Lewis, 2019).

Toxicidad: Es la capacidad que tiene una sustancia o agente de causar un daño o efecto adverso en un organismo vivo (ATSDR, 2024).

Límite máximo permisible (LMP): Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2025).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

Las pruebas experimentales del presente trabajo de investigación se realizaron en el laboratorio de Tecnologías PIQ 213, de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

3.1. Ubicación geográfica

El muestreo para la obtención del biosorbente fue la biomasa del cactus Huaraco (*Austrocylindropuntia Floccosa*), el muestreo del cactus Huaraco se realizó en la comunidad de Chillihuani, distrito de Cusipata, provincia de Quispicanchi, región Cusco. A continuación, se da a conocer la ubicación en coordenadas UTM del punto de muestreo.

Sistema de coordenadas : UTM WGS84

Zona : 19L

coordenada Este : 238631 m E

Coordenada Norte : 8465602 m S

Altitud : 4048.0 m

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, el enfoque cuantitativo y el diseño experimental.

Esteban Nieto, (2018) indica que este tipo de investigaciones busca resolver los problemas que presenta en los procesos de cualquier actividad humana, así mismo, indica que son aplicadas porque en base a la investigación básica se formulan los

problemas o hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida y tienen como finalidad crear, mejorar, optimizar mecanismos y/o procedimientos.

Hernández Sampieri, (2018) indica que el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio; así mismo, este enfoque es apropiado cuando se quiere estimar magnitudes u ocurrencias de fenómenos y respecto a la o las hipótesis se analizan los datos y se extraen las conclusiones.

3.3. Nivel de la investigación

La presente investigación es de nivel explicativo. Este nivel va más allá de la descripción, está orientada a responder las causas de los eventos y fenómenos, su enfoque se basa en explicar por qué ocurre un fenómeno y cómo se manifiesta por qué se relacionan una o más variables (Hernández Sampieri, 2018).

3.4. Muestra

La muestra estuvo conformada por cactáceas de la comunidad de Chilliuhuani, distrito de Cusipata, provincia de Quispicanchi, Región de Cusco como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Cactus Huaraco de la Comunidad de Chilliuhuani, Cusipata, Quispicanchis, Cusco.



3.5. Materiales, reactivos y equipos e instrumentos

Los materiales, reactivos y equipos e instrumentos que se utilizaron durante el desarrollo de la investigación se mencionan de la siguiente forma:

3.5.1. *Materiales de vidrio y otros*

- Beaker de vidrio de 50 mL, 100 mL, 250 mL y 1000 mL.
- Matraz Erlenmeyer 100 mL, 250 mL, 500 mL y 1000 mL
- Matraz de fondo redondo 500 mL
- Probeta 10 mL, 25 mL, 50 mL, 100 mL, 1000 mL
- Matraz aforado de 0.25 L, 0.5 L y 1 L
- Crisol de porcelana de 50 mL
- Mortero y pistilo
- Soporte universal de laboratorio
- Varilla agitadora de vidrio
- Pipeta graduada de 1 mL, 5 mL, 10 mL, 25 mL y 50 mL
- Pinzas universales
- Espátula de laboratorio
- Cinta de teflón (PTFE)
- Luna de Reloj 60 mm y 10 mm
- Papel filtro de filtración rápida ISOLAB
- Piseta de plástico de 500 mL
- Manguera de laboratorio de 10 mm
- Embudo de filtración de 40 mm, 150 mm
- Placa de Petri de 90 nm
- Rejilla de secado metálico

- Bolsa de almacenamiento con cierre hermético de 6 cm X 15 cm
- Envases de plástico de 50 g y 100 g

3.5.2. Reactivos

En la Tabla 4 se enlistan todos los reactivos que se usaron durante el desarrollo de la investigación.

Tabla 4

Reactivos usados en el desarrollo de la Investigación

REACTIVO	PUREZA	MARCA
Arsenato de sodio	99.96 %	MERK
Ácido sulfúrico	95-97 %	MERK
Hidróxido de sodio	99.9 %	MERK
Tricloruro férrico	40 %	QUIMPAC
Ácido nítrico	69-70 %	J.T. baker analyzed
Agua destilada	-	-

3.5.3. Equipos e instrumentos

- Estufa Kyntel, modelo: K-V45F N.^o serie 1823
- Equipo Soxhlet Pyrex
- Destilador Kyntel, modelo: YAZD-10
- Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS)
- Equipo de test de jarras DAIHAN scientific Model JT-M6C N^o 04021932090005

- Equipo microscopio electrónico de barrido (SEM) Thermo Fisher Scientific
- Equipo espectrofotómetro FT- IR DW -FTIR-530A
- Balanza analítica Eurotech modelo: FSF-A2204B
- Termómetro digital Modelo TP - 101
- Cronómetro Extech - Inlad
- Tamiz de acero inoxidable Pinzuar Astme-11 con malla número 40, 70 y 100
- Desecador al vacío de vidrio borosilicato 250Mm con placa ISOLAB
- pHmetro Lutron electronic modelo: YK-2001PHA
- Turbidímetro 2100Q HACH

Mencionar que el equipo llamado espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) fue utilizado por el laboratorio acreditado HIDROLAB PERÚ S.A.C, el equipo electrónico de barrido (SEM) fue utilizado por el laboratorio acreditado SLAB Laboratorio de ensayo e investigación y el equipo espectrofotómetro FTIR fue utilizado por el laboratorio de la Facultad de Química de la UNSAAC, los laboratorios mencionados prestaron el servicio de análisis y garantizan la confiabilidad de los resultados.

3.6. Métodos

3.6.1. Caracterización fisicoquímica de la muestra de agua real

Una vez realizada la toma de muestra del agua real del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad Huancané Bajo, Espinar. Se envió una muestra de 500

mL de volumen al Laboratorio de la Escuela Profesional de Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco para el análisis fisicoquímico.

3.6.2. Recolección de la muestra de Huaraco

La recolección de las muestras del cactus Huaraco (*Austrocylindropuntia Floccosa*), se realizó el día 29 de enero del 2024 en el distrito de Cusipata, provincia de Quispicanchi; región Cusco. Esta actividad se realizó considerando la ubicación geográfica, condiciones climáticas y estado de conservación del cactus. Se seleccionaron los cactus en buen estado fisiológico y se evitó recolectar aquellos que presentaban daños visibles o signos de deterioro. Durante la recolección del cactus no se realizó ningún corte a los ejemplares, esto con la finalidad de mantener las muestras en perfectas condiciones para que posteriormente sean utilizadas en el proceso experimental de obtención de biosorbente.

Figura 6

Cactus Huaraco



En la Figura 6 se observa los cactus recolectados, los cuales constituyen la base del material biológico empleado para la obtención del biosorbente. Estas muestras fueron trasladadas de manera cuidadosa para evitar alteraciones físicas o químicas, garantizando así la calidad del biosorbente a obtener.

3.6.3. Determinación de humedad de la muestra de Huaraco

Para la determinación del contenido de humedad de la muestra del cactus *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco), se empleó el método gravimétrico por secado en estufa. Este método se basa en la determinación de la pérdida de masa de la muestra como consecuencia de la eliminación del agua por efecto del calor (AOAC, 2019).

Inicialmente, la muestra fresca fue pesada en una balanza analítica de alta precisión. Posteriormente, la muestra húmeda fue colocada en una estufa de convección forzada y se sometió a una temperatura constante de 60 °C durante un periodo de 24 h, con el objetivo de eliminar el agua contenida en la muestra. Luego de 24 h, la muestra deshidratada fue retirada de la estufa, enfriada en un desecador y pesada nuevamente en la balanza analítica.

El porcentaje de humedad se calculó a partir de la diferencia de peso de la muestra antes y después del secado, conforme a la ecuación (Vargas R. , 2022):

$$\% \text{ Humedad} = \frac{PH - PS}{PH} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

PH: Peso húmedo (g)

PS: Peso seco (g)

3.6.4. Obtención del biosorbente

Para la obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco (*Austrocylindropuntia floccosa*), la biomasa fue sometida a un proceso compuesto por 2 etapas principales, la primera etapa correspondió a la preparación de la biomasa donde se realizaron los acondicionamientos del material biológico. La segunda etapa consistió en la preparación del biosorbente, comprendió la hidrolisis ácida, básica y modificación química con el propósito de potenciar la presencia de grupos funcionales activos responsables de la interacción con arsénico (V).

La Figura 7 muestra el diagrama de bloques del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco (*Austrocylindropuntia floccosa*), en el cual se detallan las etapas a las que fue sometida la biomasa hasta obtener el biosorbente final.

El procedimiento inició con la limpieza y el pelado del Huaraco, seguido de un lavado con agua destilada para eliminar las impurezas superficiales. Posteriormente se realizó el cortado y trozado en láminas delgadas, las cuales se introdujeron en una estufa para eliminar la humedad. Una vez deshidratada, se obtuvo el biosorbente natural (BN). En una segunda etapa, el biosorbente natural (BN) pasó por un proceso de activación mediante hidrolisis ácida y básica, dando como resultado el biosorbente hidrolizado (BH). Finalmente, el biosorbente hidrolizado (BH) fue sometido a un proceso de modificación química con $FeCl_3$, lo que permitió obtener el biosorbente modificado químicamente (BM), material que posteriormente fue utilizado en el proceso de adsorción de As.

3.6.4.1. Selección y limpieza

Se seleccionó el cactus recolectado de acuerdo a su apariencia morfológica (tamaño y edad). Posteriormente se procedió al pesado de la muestra y se realizó la

remoción manual de las tricomas y espinas, tal como se muestran en la Figura 8. Este procedimiento se realizó con bastante cuidado debido a la presencia de espinas.

Figura 7

Diagrama de bloques cualitativo del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco

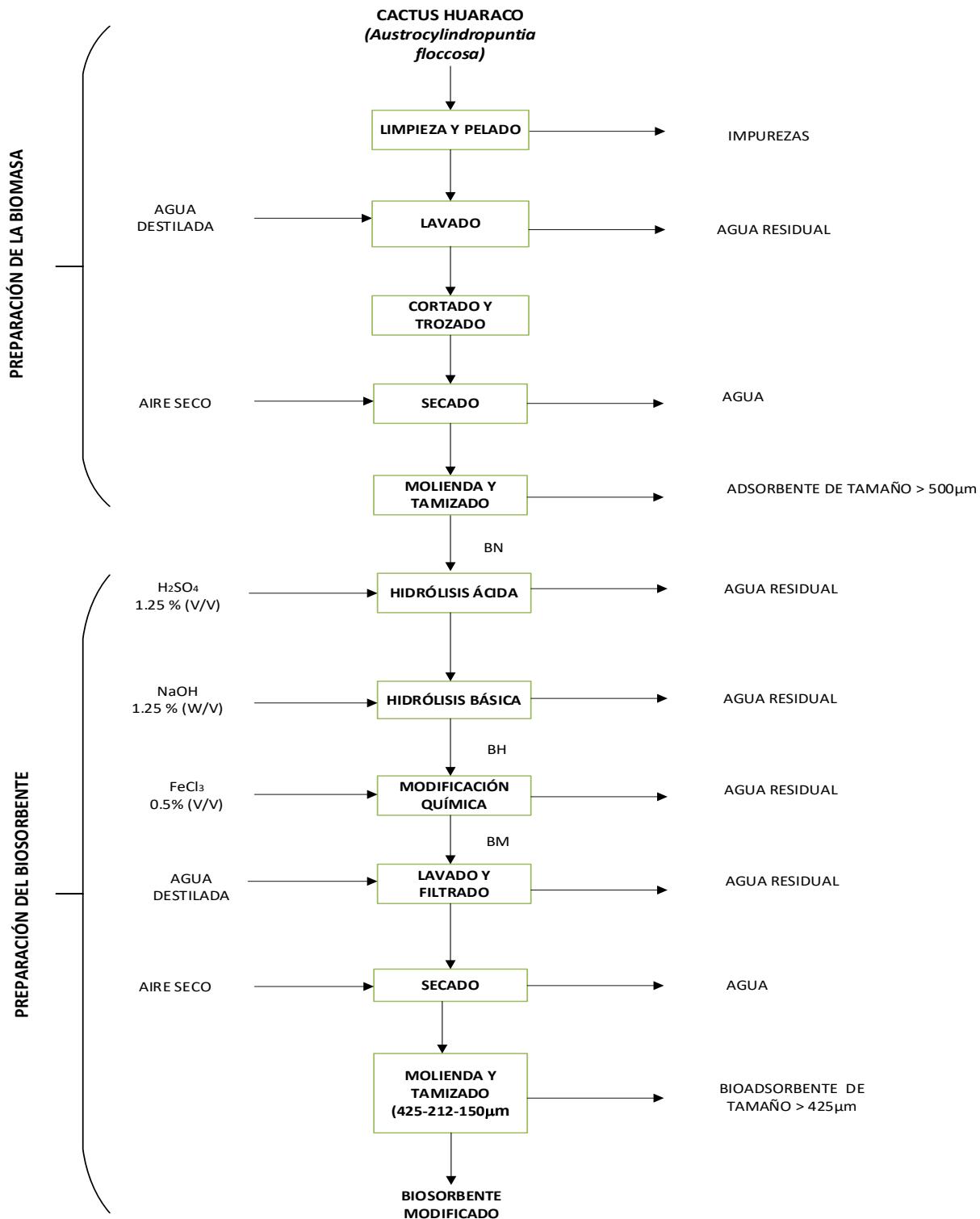
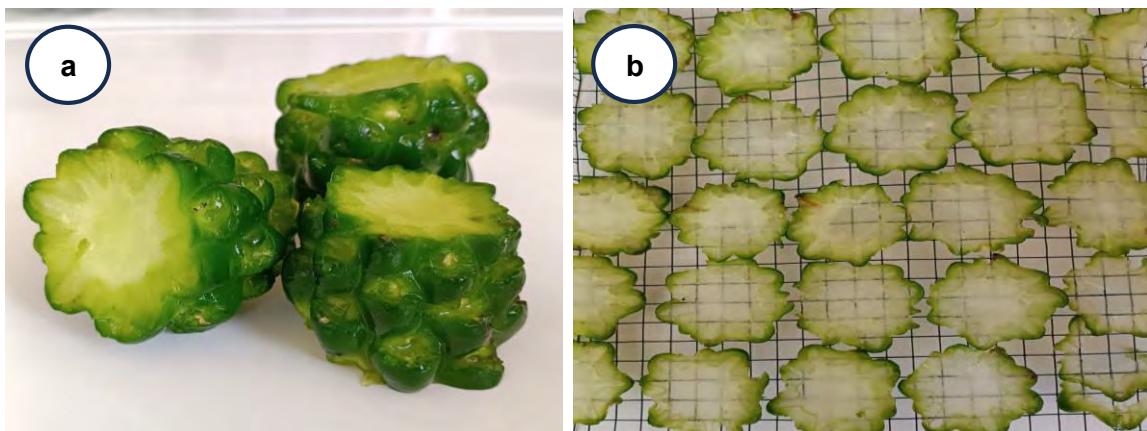


Figura 8*Selección y Limpieza del Cactus*

Nota. En la Figura 8 (a) se observa el pesado del cactus para su posterior balance y en (b) se observa el retiro de las espinas y tricomas.

3.6.4.2. Pelado, lavado y trozado

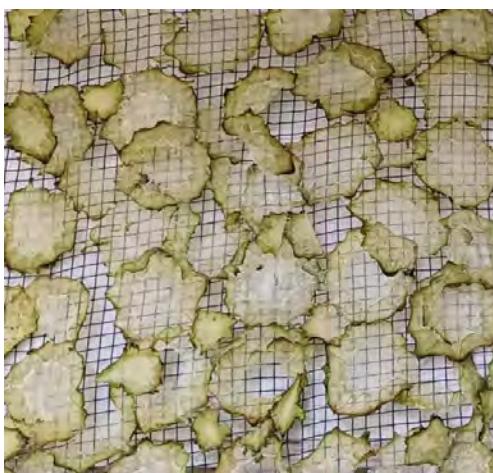
En esta etapa después de la extracción de las espinas y tricomas, se procedió al retiro de la epidermis del cactus, seguidamente se lavó la biomasa con agua destilada con el propósito de remover impurezas superficiales. Posteriormente, la biomasa fue trozada en rodajas finas y delgadas, a fin de facilitar el proceso de deshidratación de la biomasa y optimizar la eficiencia del secado. En la Figura 9 se visualiza el cactus pelado y trozado, listo para la siguiente etapa del proceso de obtención del biosorbente.

Figura 9*Cactus Pelado y Cortado en Rodajas*

Nota. En la imagen (a) se observa el cactus pelado y en (b) se observa el cactus cortado y listo para su posterior deshidratación (secado).

3.6.4.3. Secado

Las muestras del cactus fueron sometidas a un proceso de deshidratación a una temperatura controlada de 60 °C y por un periodo de 24 h, hasta alcanzar un porcentaje de humedad residual aproximado al 5% (Ver Figura 10).

Figura 10*Biomasa de Huaraco Deshidratado*

Nota. El cactus fue cortado en rodajas finas y colocado en una malla para su secado.

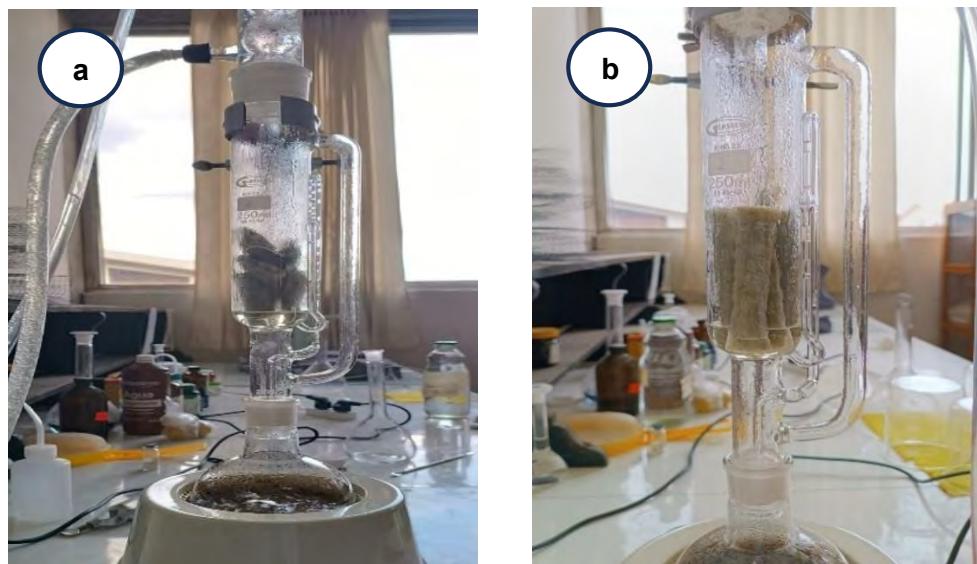
3.6.4.4. Molienda y tamizado

El cactus deshidratado obtenido fue triturado en un mortero de porcelana y tamizado hasta obtener una biomasa de granulometría uniforme para los posteriores tratamientos.

3.6.4.5. Tratamiento Químico

La biomasa fue sometida a un proceso de hidrólisis ácida y básica en el equipo Soxhlet con la finalidad de mejorar su capacidad de adsorción.

- a. **Hidrólisis ácida:** La biomasa obtenida de la molienda fue sometida al proceso de hidrólisis ácida con ácido sulfúrico al 1.25% en el equipo Soxhlet, tal como se muestra en la Figura 11, posteriormente se realizó el lavado y se secó la biomasa obtenida en una estufa a 60 °C por un periodo de 24 horas. Este tratamiento químico se realizó con la finalidad descomponer las estructuras poliméricas de la lignina, celulosa y hemicelulosa, lo que aumenta la porosidad del material y favorece la exposición de los grupos funcionales activos responsables del proceso de adsorción.
- b. **Hidrólisis básica:** Para finalizar con el proceso de hidrólisis se realizó la activación de la biomasa mediante hidrolisis básica en el equipo Soxhlet, para ello se utilizó hidróxido de sodio al 1.25% con el objetivo de romper estructuras de los biopolímeros presentes, mismos que se encargan de adsorber el arsénico, seguidamente se realizó el lavado y secado de la biomasa obtenida en una estufa a 60 °C por un periodo de 24 h, finalmente el biosorbente hidrolizado (BH) se colocó en un mortero para su molienda con el fin de facilitar el manejo del biosorbente y realizar la modificación química (ver figura 11).

Figura 11*Hidrólisis ácida y básica de la biomasa*

Nota. La imagen (a) corresponde a la hidrólisis acida (b) corresponde a la hidrolisis básica.

En este procedimiento, el biosorbente natural del cactus fue colocado en cartuchos de papel filtro. En cada etapa de hidrólisis ácida y básica se emplearon 260 mL de solución de H_2SO_4 al 1.25% y 260 mL de $NaOH$ al 1.25%. Cada uno de los procesos de activación mediante hidrolisis ácida y básica se desarrollaron en 4 ciclos, lo que permitió una adecuada activación del biosorbente y potenciar sus propiedades como biosorbente.

3.6.4.6. Modificación de la biomasa

Para mejorar la capacidad de adsorción del biosorbente se realizó la modificación química, para ello se utilizó una solución de $FeCl_3$ al 0.5% y se dejó en contacto con la biomasa por un periodo de 24 h. En la Figura 12 se muestra el proceso de modificación química del biosorbente. Humpiri (2021), señala que dicha concentración de $FeCl_3$ ayuda a mejorar la adsorción de este metaloide debido a que el $FeCl_3$ se fija en el biosorbente.

Figura 12

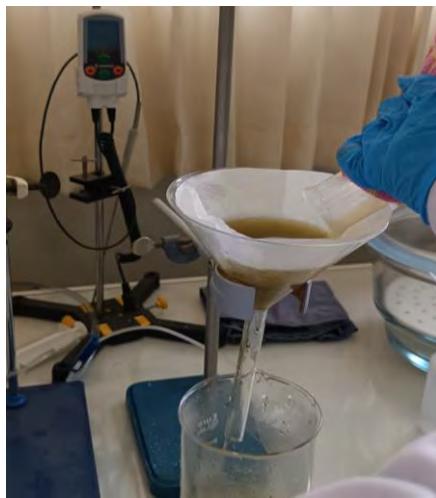
Modificación química del biosorbente con $FeCl_3$ al 0.5%



Transcurrido el tiempo de contacto se filtraron los residuos y posteriormente el biosorbente se sometió a un lavado con agua destilada con la finalidad de eliminar impurezas y restos de reactivos presentes. Este procedimiento se realizó 3 veces (ver Figura 13).

Figura 13

Lavado del biosorbente después de la modificación química



Nota. Para el filtrado se utilizó papel de filtración rápida.

3.6.4.7. Secado

Para el secado, se colocó el biosorbente modificado (BM) en la estufa de convección forzada con un calentamiento a temperatura de 60 °C y por un periodo de 16 horas.

Posteriormente se dejó enfriar y se registró el peso obtenido del pesado final en la balanza analítica.

3.6.4.8. Molienda y tamizado

En esta etapa se utilizó un mortero de cerámica para de reducir el tamaño de partícula y obtener una granulometría uniforme con la finalidad de estudiar la influencia del tamaño de partícula del biosorbente BM en el proceso de adsorción de As.

En la Figura 14 se muestra la molienda de la biomasa ya deshidratada después de la activación con $FeCl_3$.

Figura 14

Molienda de del biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$ (BM)

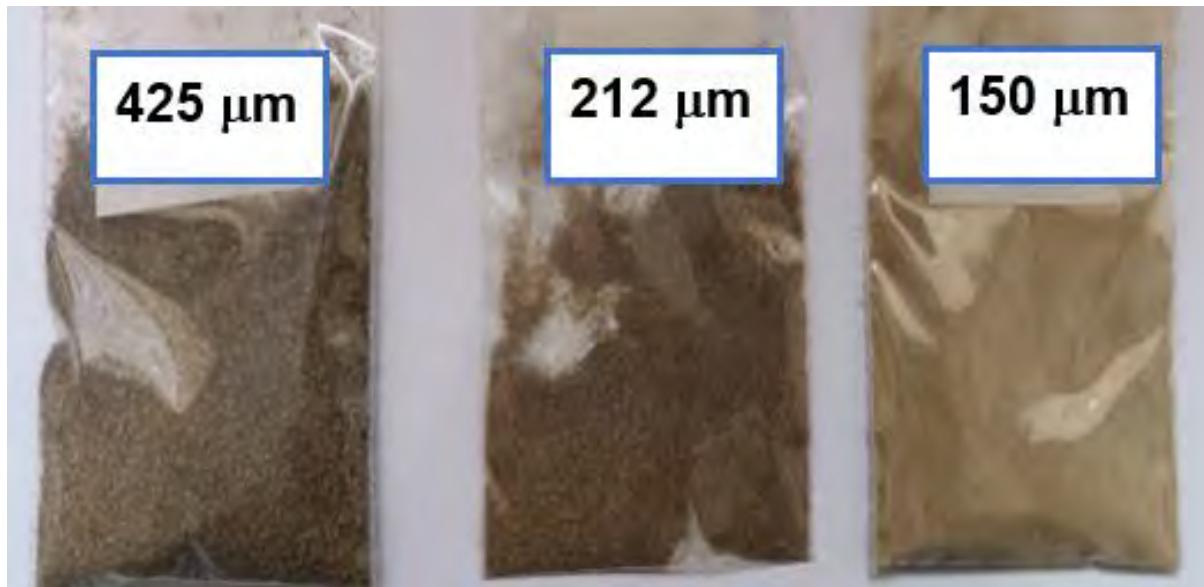


El biosorbente modificado (BM) obtenido a partir del cactus Huaraco fue tamizado a diferentes granulometrías con la finalidad de aplicarlo en los ensayos y evaluar su influencia en el proceso de adsorción de arsénico. Para ello se utilizaron tamices Tyler con mallas N° 40, 70 y 100, seleccionando así el biosorbente BM de acuerdo al tamaño de partícula como se muestra en la Figura 15.

Finalmente, las muestras del biosorbente modificado con $FeCl_3$ (BM) correspondientes a cada granulometría se colocaron en bolsas Ziploc y se almacenaron en el desecador, a fin de preservar sus propiedades hasta su utilización en las etapas experimentales posteriores.

Figura 15

Biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$ (BM) a diferente tamaño de partícula



3.7. Rendimiento

Para determinar el rendimiento del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco se realizó el balance de masa en cada una de las etapas del proceso, con los valores obtenidos se calcula el rendimiento de la obtención del biosorbente BN y

el rendimiento de la hidrólisis acida, básica y modificación química a partir de la siguiente ecuación.

$$R = \frac{M}{m} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

R: rendimiento (%)

M: masa final (g)

m: masa inicial (g)

3.8. Caracterización de la biomasa y del biosorbente

3.8.1. Análisis de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)

Esta técnica de espectrofotometría de infrarrojo de transformada de Fourier se aplicó con la finalidad de identificar los grupos funcionales, además para conocer la estructura química y comprender el proceso de adsorción de arsénico presente en la solución. Dicho análisis se realizó a la biomasa natural (BN), biosorbente hidrolizado mediante hidrólisis ácida y básica (BH), biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$ al 0.5 % (BM) y al biosorbente saturado con Arsénico después del proceso de biosorción de As (BS), de esa manera se pretende identificar la relación entre los grupos activos y la retención del contaminante de arsénico. El análisis FTIR se realizó en el laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

3.8.2. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM/EDS)

La Microscopía Electrónica de Barrido es una técnica ampliamente empleada para estudiar las características microestructurales de los sólidos, proporcionando detalles

sobre la morfología y las propiedades de la superficie externa, se analizó las características de las muestras del biosorbente modificado (BM). Este análisis se realizó en el laboratorio acreditado SLAB (Sistema de servicios y análisis químicos S.A.C.), situado en la ciudad de Lima (ver Anexo D).

- Equipo utilizado: Microscopio electrónico de barrido ambiental FEI QUANTA 650 FEG.

3.9. Proceso de biosorción

3.9.1. Preparación del agua sintética de arsénico V

Preparación de la solución madre: La preparación de la solución madre se realizó a partir del reactivo Arseniato de Sodio heptahidratado ($Na_2AsHO_4 \cdot 7H_2O$) al 99.96 %, el volumen de la solución madre fue de 1 L a una concentración de 1 ppm de As(V). A partir de la solución madre se prepararon 20 L de solución de arsénico (V) a una concentración de 0.1 ppm.

GERESA, (2021) en sus informes de laboratorio para parámetros químicos inorgánicos y orgánicos de muestras del agua destinada al consumo humano de la comunidad Huancané bajo, Espinar, evidencia una concentración de arsénico promedio a 0.08 ppm, superando así el Límite Máximo Permisible de este metaloide de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (ver anexo B); sin embargo, debido a limitaciones prácticas en la etapa de preparación, se seleccionó el valor de 0.1 ppm como concentración de arsénico, ya que la cantidad de arsénico requerida para alcanzar una concentración de 0.08 ppm de arsénico resultaba muy pequeña, lo que impedía el pesado en la balanza analítica, es por este motivo, que se optó por preparar una solución una concentración mayor y cuantificable, garantizando así la exactitud de la preparación como la confiabilidad de los resultados experimentales.

3.9.2. Proceso de Biosorción en aguas sintéticas

Para la realización del ensayo de adsorción de arsénico se utilizó el equipo de Jarras del laboratorio de Tecnologías PIQ 213. Las pruebas de adsorción se realizaron por un tiempo de contacto de 2 horas a una velocidad de agitación de 150 rpm y el volumen de la solución de As (V) fue de 0.5 litros a una concentración de 0.1 ppm (ver Figura 16), se estudió la influencia del pH en la solución, dosis del biosorbente y tamaño de partícula de acuerdo al diseño experimental propuesto, de modo que el mejor resultado obtenido se aplicó a las pruebas con el agua proveniente de la comunidad Huancané Bajo.

La investigación contempló un diseño experimental factorial de 3 factores, dos niveles (alto y bajo) cada uno, y 3 puntos centrales. Esto corresponde a un diseño factorial completo $2^k + p = 2^3 + 3 = 11$. Además, se consideraron 2 repeticiones, haciendo un total de 33 experimentos.

VARIABLES INDEPENDIENTES

- pH
- Dosis del biosorbente (g/L)
- Tamaño de partícula ((μm))

VARIABLES DEPENDIENTES

- Capacidad de adsorción de As (mg/g)
- Porcentaje de remoción de As (%)

PARÁMETROS

- Tiempo de contacto: 2 horas
- Velocidad de agitación: 150 rpm

- Volumen de solución: 500 mL
- Concentración de As en la solución: 0.1 ppm

Figura 16*Proceso de adsorción*

Nota. Se visualiza el proceso de adsorción de arsénico V en las muestras sintéticas.

La Tabla 5 muestra el resumen del diseño experimental de la investigación, se muestran los factores pH, dosis de biosorbente y tamaño de partícula con sus respectivos valores de los niveles bajo y alto para cada uno.

Tabla 5*Factores y niveles*

Factor	Nivel Bajo (-1)	Nivel alto (+1)
pH	5.5	7.5
Dosis del biosorbente (g/L)	0.1	1
Tamaño de partícula (μm)	150	425

La Tabla 6 resume el diseño experimental de la investigación.

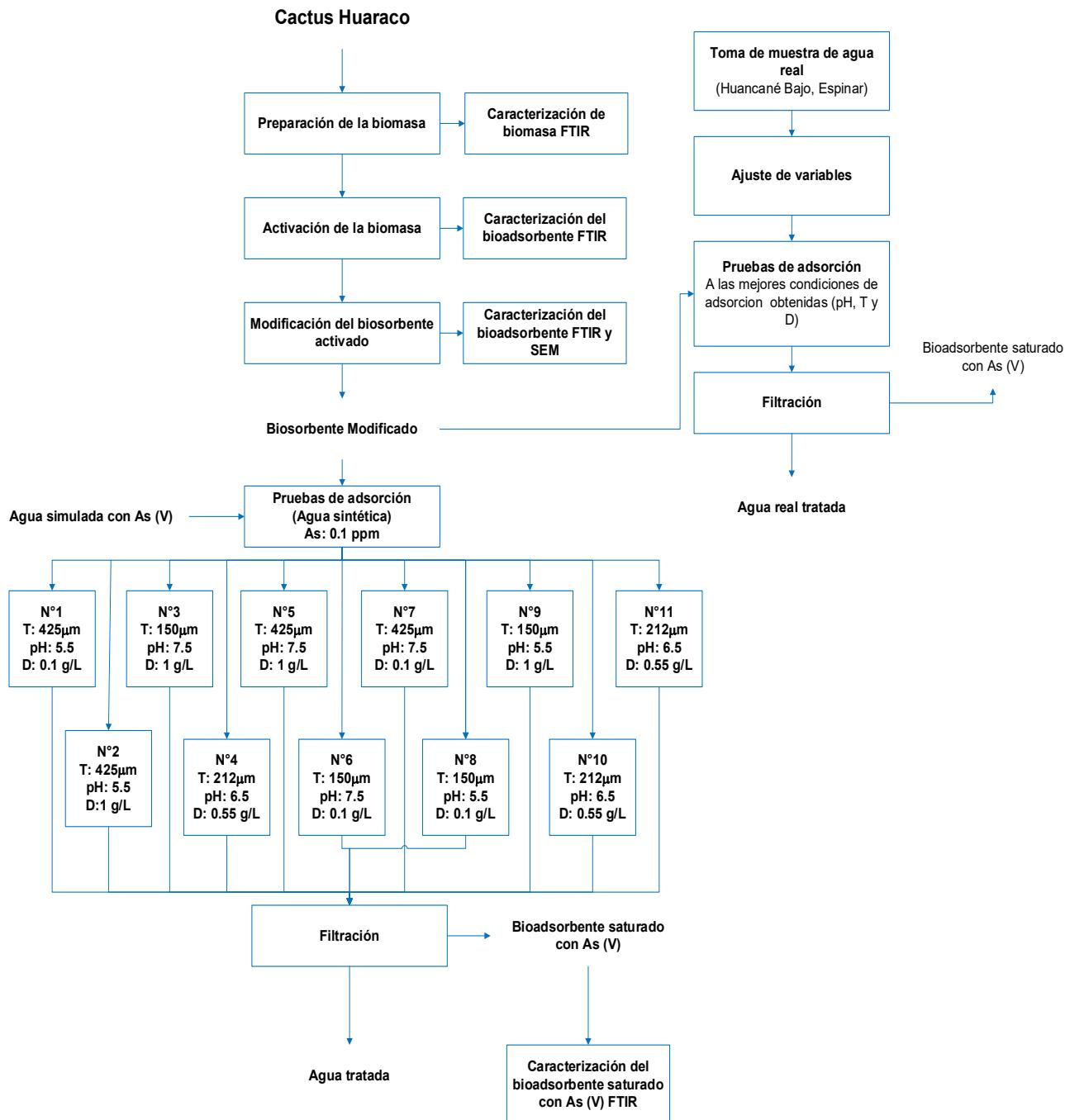
Tabla 6*Diseño experimental*

Nº	pH	T (μm)	D (g/L)	q (mg/g)	% A
1	5.5	425	0.1	-	-
2	5.5	425	1	-	-
3	7.5	150	1	-	-
4	6.5	212	0.55	-	-
5	7.5	425	1	-	-
6	7.5	150	0.1	-	-
7	7.5	425	0.1	-	-
8	5.5	150	0.1	-	-
9	5.5	150	1	-	-
10	6.5	212	0.55	-	-
11	6.5	212	0.55	-	-

Nota. Donde T: es tamaño de partícula D: es dosis del biosorbente, q: capacidad de adsorción y % A: porcentaje de adsorción.

Una vez concluido el proceso de adsorción, las muestras fueron filtradas utilizando papel filtro Whatman N° 42. Posteriormente las muestras fueron almacenadas para ser analizadas mediante absorción atómica (AA) en el equipo Thermo Scientific modelo AA ICE 3300 del laboratorio acreditado HidroLab, situado en la ciudad de Lima.

El resumen del proceso de biosorción de arsénico (V) con el biosorbente modificado BM obtenido a partir del cactus Huaraco (*Austrocylindropuntia floccosa*) aplicado en muestras de agua sintética y agua real de la comunidad de Huancané Bajo se muestra en la Figura 17.

Figura 17*Diagrama de bloques del proceso de biosorción de As (V)*

Nota. La Figura 17 muestra el proceso de adsorción de Arsénico (V) en muestras de agua sintética y real.

3.9.3. Determinación de la capacidad de biosorción y el porcentaje de remoción

Obtenidos los resultados de análisis en laboratorio, la capacidad de biosorción y el porcentaje de remoción de arsénico (V) se determinaron a partir de las ecuaciones empíricas 3 y 4 citadas por Maldonado et al., (2012).

La capacidad de biosorción de los iones de arsénico (V) se determinó a partir de la siguiente ecuación empírica:

$$q = \frac{(C_o - C_f)}{M} * V \quad (3)$$

Donde:

q: Capacidad de biosorción de As(V) (mg/g)

C_o, C_f : Concentración inicial y final de As(V) en solución (mg/L)

M: masa de adsorbente usado (g)

V: volumen de la fase acuosa (L)

El porcentaje de remoción se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\%R = \frac{(C_o - C_f)}{C_o} * 100\% \quad (4)$$

Donde:

C_o, C_f : Concentración inicial y final de As(V) en solución (mg/L)

Al culminar el cálculo de la capacidad de biosorción y el porcentaje de remoción los resultados fueron analizados estadísticamente con la finalidad de determinar el efecto de las variables (pH, tamaño de partícula y dosis de biosorbente) en el proceso de biosorción de arsénico (V) y establecer el modelo matemático que vincula las variables en estudio.

3.9.4. Proceso de biosorción en agua potable

Para realizar las pruebas de adsorción de arsénico (V) en las muestras de agua potable con el biosorbente modificado BM obtenido a partir del cactus Huaraco, primero se realizó el muestreo de 2500 mL de agua potable de dos viviendas ubicadas en la comunidad Huancané Bajo, Provincia de Espinar, región Cusco (ver Figura 18).

Figura 18

Muestreo de agua de la comunidad de Huancané Bajo, Espinar

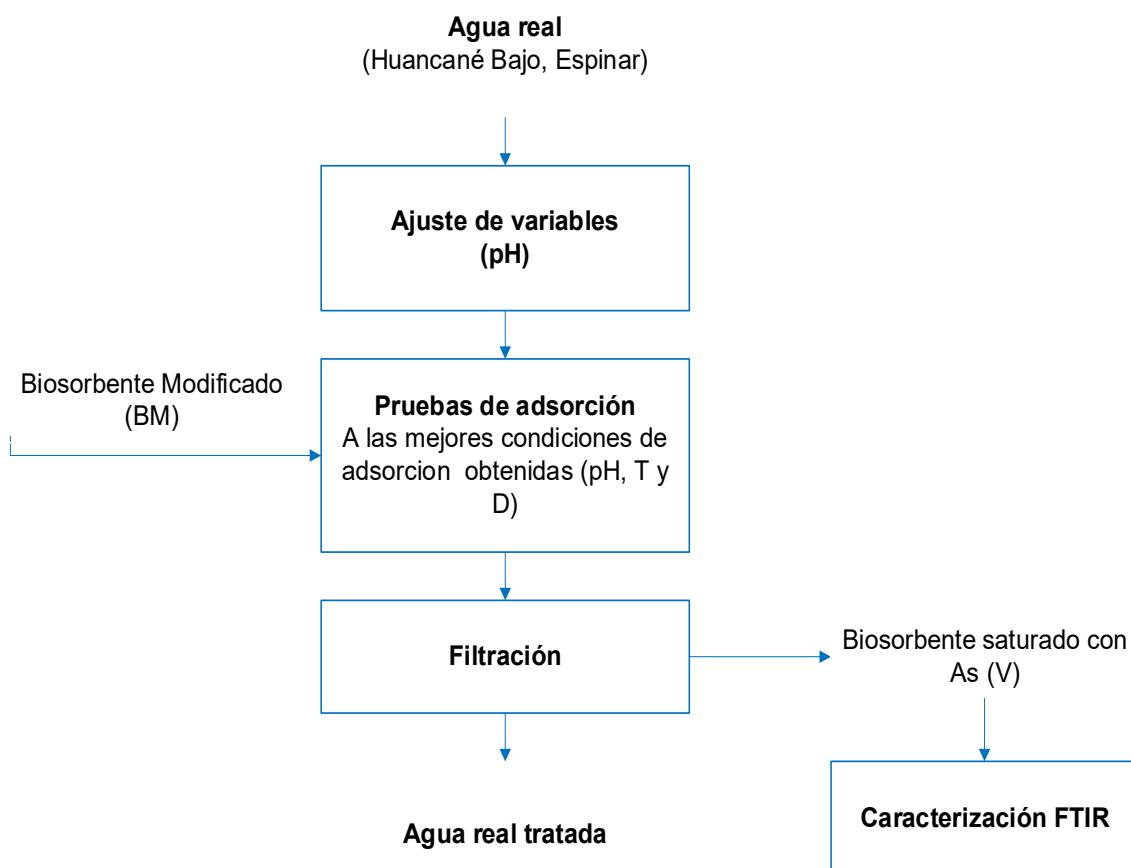


En el laboratorio de Tecnologías PIQ 213, de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, se realizó la prueba de adsorción de As en agua potable con el biosorbente BM obtenido a partir del cactus Huaraco a las mejores condiciones obtenidas, la mezcla del biosorbente y la solución fue sometida a un proceso de agitación en el equipo de prueba de jarras a 150 rpm durante un tiempo de contacto de 2 horas, habiendo culminado el tiempo de contacto se procedió a filtrar utilizando papel filtro Whatman N°42, el filtrado obtenido se envasó en botellas de polietileno de 500 mL (ver Figura 19),

posteriormente para su análisis en laboratorio se enviaron cuatro muestras, dos con el agua potable tratada y otras dos con el agua potable sin tratar con la finalidad de obtener el valor exacto de la concentración de arsénico antes y después del proceso de biosorción de la muestra de agua real de la comunidad de Huancané Bajo, Espinar. Dichas muestras se enviaron al laboratorio acreditado HidroLab ubicado en la región de Lima (Ver Figura 20).

Figura 19

Diagrama de bloques del proceso de adsorción de As(V) en muestra de agua potable



Nota. Donde T: tamaño de partícula y D: dosis de biosorbente

Figura 20

Muestras enviadas a laboratorio para su análisis



Nota. Para el análisis de As se enviaron muestras de 500 ml cada una.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización fisicoquímica del agua potable

Los resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de agua proveniente de la red de distribución del sistema de agua de Huancané Bajo, Espinar se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Resultados del análisis fisicoquímico de la muestra de agua real

Parámetro	Agua de red	LMP DS N°031-2010-SA
Turbiedad NTU	0.62	5
pH	7.10	6.5 a 8.5
C.E uS/CM	254.0	1500
Dureza ppm CaCO ₃	175.0	500
Calcio ppm	54.72	-
Magnesio ppm	8.28	-
Cloruros ppm	19.30	250
Sulfatos ppm	91.17	250
Bicarbonatos ppm	90.70	-
Carbonatos ppm	0	-
Hierro ppm	0.11	0.3
Sales Solubles Totales ppm	296.77	-
Arsénico mgL ⁻¹ (Muestra 1)	0.039	0.010
Arsénico mgL ⁻¹ (Muestra 2)	0.021	0.010

Estos análisis se realizaron en la unidad de prestación de servicios de análisis químico, de la Escuela Profesional de Química de la UNSAAC. En el Anexo E se muestran los resultados del análisis de laboratorio.

En la Tabla 7 se detalla los parámetros analizados y realizando la comparativa con el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (DS N°031-2010-SA) se observa que el nivel de Arsénico sobrepasa el límite máximo permisible, el valor para este parámetro del agua real es 0.039 y $0.021 \text{ mg As L}^{-1}$, estos valores se encuentran por encima del valor establecido en la normativa vigente ($0.010 \text{ mgAs L}^{-1}$), lo que representa un problema para la salud de la población que consume el agua de ese sistema.

4.2. Determinación de la humedad

La determinación del porcentaje de humedad para las muestras de Huaraco se realizaron a partir de la ecuación (1) y se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8

Datos de porcentaje de humedad

Muestra de Huaraco	Peso Húmedo (g)	Peso seco (g)	Resultado
H-1	2783	137	95.077%
H-2	1894	93	95.089%
H-3	2249	108	95.197%
H-4	1100	60	94.545%
Resultado promedio			94.977%

La humedad promedio obtenida fue de 94.977%, lo que indica que en promedio el 5.023% de la masa corresponde al material aprovechable para la obtención del biosorbente. Al comparar este valor con lo reportado por Maki et al., (2015), quienes determinaron una humedad de 94.7 para muestras de Nopal, se observa una consistencia con lo reportado para esta especie de cactus, ya que presentan un elevado contenido de agua en sus tejidos. La coincidencia entre el valor experimental y los datos bibliográficos

respalda la validez de los resultados obtenidos, confirmado que el cactus Huaraco comparte propiedades similares a las de otras cactáceas.

4.3. Rendimiento del proceso de activación y modificación química del biosorbente obtenido

La Figura 21 presenta el diagrama de bloques cuantitativo del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco.

A partir de la información mostrada en dicha figura, se determinó el balance de masa y rendimiento del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco, para ello se consideró una base de cálculo de 5 Kg de biomasa fresca. Los resultados obtenidos en la primera fase del procesamiento se muestran en la Tabla 9, donde se detallan los valores de masa correspondientes a la obtención del biosorbente natural (BN) a partir del cactus Huaraco fresco.

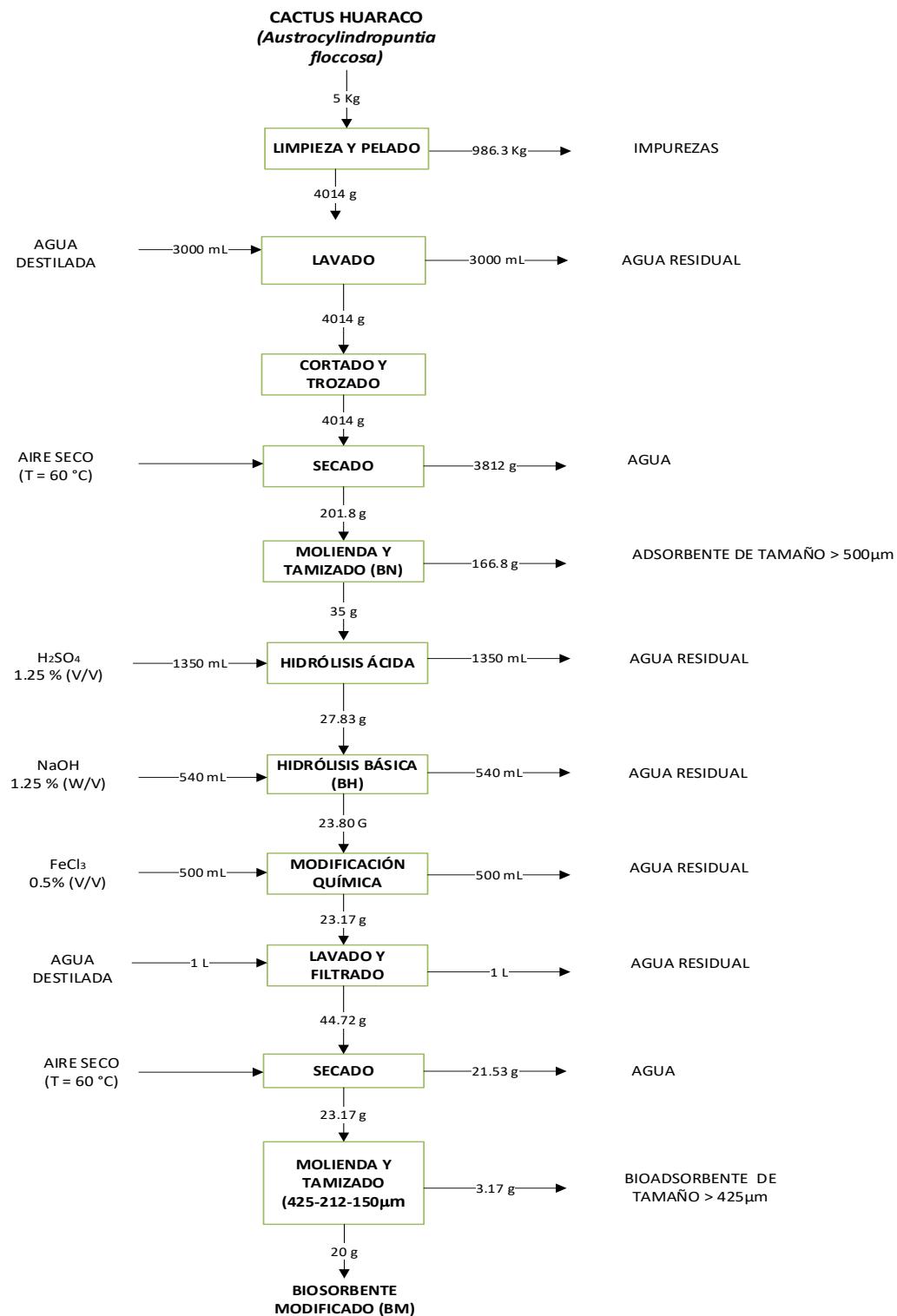
Tabla 9

Balance de masa del proceso de obtención del BN a partir del cactus Huaraco

Masa inicial (g) fresco	Masa sin cascara y espinas (g)	Pérdida de masa (g)	Masa final (g) deshidratado
5000	4014	986.3	201.8

Figura 21

Diagrama de bloques cuantitativo del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco



De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 9, y aplicando la ecuación (2) se calculó el rendimiento del proceso de obtención del biosorbente natural (BN) a partir del cactus Huaraco fresco, obteniéndose un valor de 4.036%. Este resultado indica una pérdida de masa del 96%, lo que influye de manera significativa en la cantidad de biosorbente obtenido. La principal causa de esta reducción se atribuye a la etapa de secado, ya que las cactáceas presentan un alto contenido de humedad. Se ha reportado que el nopal posee un promedio de 94.7% de humedad (Maki et al., 2015); de acuerdo a lo mencionado las cactáceas poseen propiedades similares, por lo que al deshidratar la biomasa del cactus Huaraco se obtuvo 201.8 g de biomasa seca, en base a este valor se calculó el porcentaje de humedad para el cactus Huaraco, obteniendo así un porcentaje del 95% aproximadamente.

La Tabla 10 presenta los resultados correspondientes al balance de masa del proceso de hidrolisis ácida con H_2SO_4 , hidrolisis básica con $NaOH$ y modificación química con $FeCl_3$. Se calculó el rendimiento del proceso de hidrolisis y modificación química con la ecuación (2), resultando un valor de 66.2%, esto corresponde a una pérdida de masa de 33.8% aproximadamente.

Tabla 10

Balance de masa del proceso de hidrólisis ácida y básica y modificación química

	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Pérdida de masa (g)
Huaraco deshidratado	35		
Hidrolisis ácida	35	27.83	7.17
Hidrolisis básica	27.83	23.80	4.03
Modificación química	23.80	23.17	0.63

Los resultados indican que se registró una pérdida de masa en los tratamientos de hidrolisis (acida y básica), debido a que los procesos de hidrolisis provocan la descomposición de las estructuras de algunos compuestos permitiendo la afloración de los grupos funcionales, el aumento de área superficial y la porosidad de la biomasa (Mosier et al., 2005).

Del total del proceso de obtención del biosorbente a partir del cactus Huaraco se obtuvo 23.17 g de biosorbente modificado (BM).

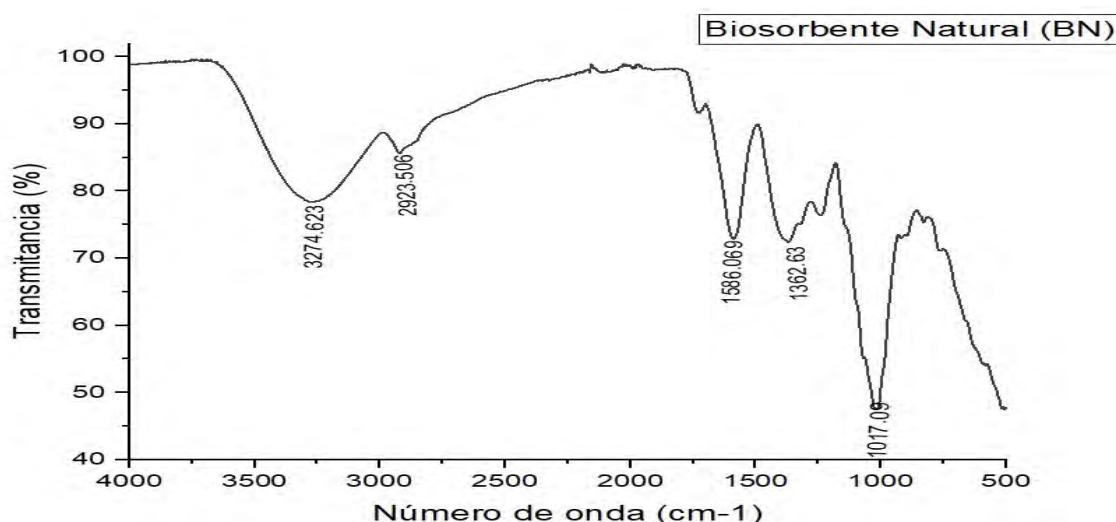
4.4. Caracterización del biosorbente

4.4.1. Análisis de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)

Para identificar las sustancias químicas o grupos funcionales que participan en el proceso de adsorción de Arsénico (V) se enviaron muestras del biosorbente natural (BN), biosorbente hidrolizado (BH), biosorbente después de la modificación química con tricloruro férrico (BM) y biosorbente saturado después del proceso de adsorción de arsénico (BS) al laboratorio de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Figura 22

Espectro FTIR del biosorbente natural (BN)



La Figura 22 muestra el espectro infrarrojo del biosorbente natural, se identificaron varios picos de absorción demostrando la naturaleza compleja de la biomasa. Teniendo en cuenta que cada grupo funcional absorbe radiación en un rango específico de frecuencias, se identificó la presencia de los grupos funcionales del tipo O-H, C-H, C=O, C-H y CH₂-OH (ver Tabla 11) que confirman su naturaleza compleja.

Estos grupos funcionales identificados coinciden con lo mencionado por Luna et al., (2023) donde indica que el mucilago de nopal actúa como un polielectrolito de cadena larga, ya que contiene grupos funcionales con carga negativa a lo largo de la molécula, esto les permite atraer cargas positivas. La presencia de los grupos O-H, C=O y C-H son importantes para la adsorción de metales.

La Tabla 11 muestra los grupos funcionales identificados por el espectro IR mediante vibraciones.

Tabla 11

Grupos funcionales del biosorbente natural (BN)

N°	Grupo funcional	Numero de onda (cm ⁻¹)
1	O-H	3274.623
2	C-H	2923.506
3	C=O	1586.069
4	C-H	1362.63
5	CH ₂ -OH	1017.09

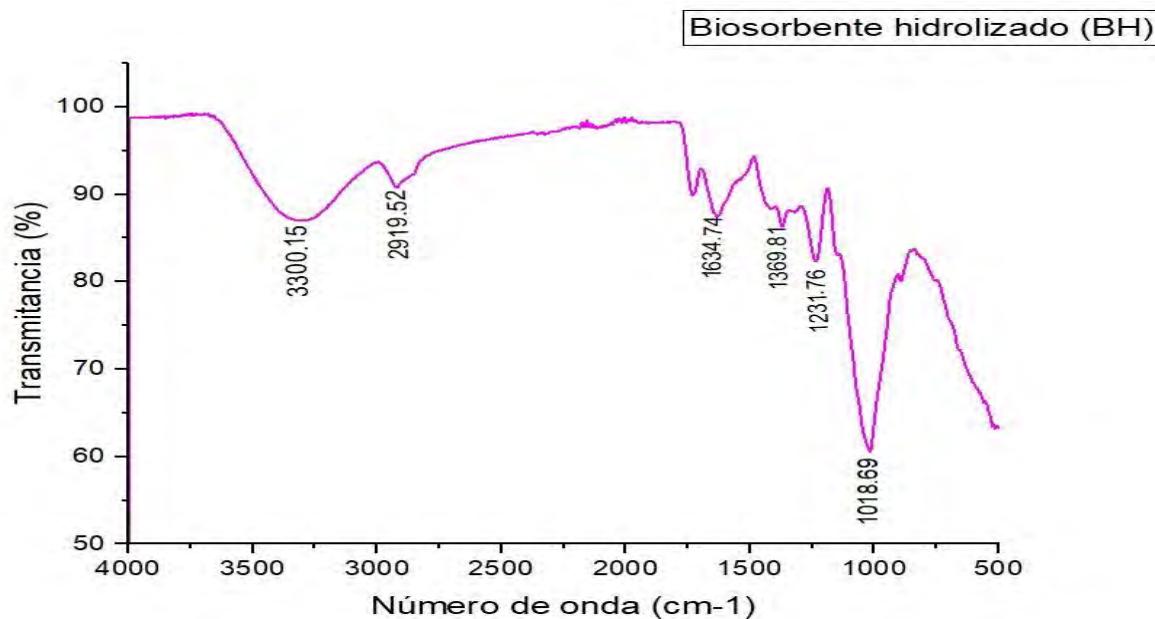
Budiyantoro, (2024) su estudio “Comparative Analysis of Cellulose, Hemicellulose and Lignin on The Physical and Thermal Properties of Wood Sawdust for Bio-Composite Material Fillers” realizó la comparación de los espectros FTIR de 3 tipos de madera y obtuvo espectros similares al reportado en la presente investigación. La presencia de

estos grupos funcionales confirma la presencia de celulosa, hemicelulosa y lignina en el biosorbente natural.

La Figura 23 muestra el espectro IR del biosorbente después de la hidrolisis acida y básica (BH), se identificaron que existen enlaces de tipo -OH, C-H, C=C, C=S y CH₂-OH (ver Tabla 12), se observa que se incrementaron los grupos funcionales con carga negativa, por otro lado, al someter la biomasa a procesos de hidrolisis acida y básica se rompen enlaces glucosídicos liberando más grupos O-H y se exponen los grupos funcionales necesarios para la adsorción. Así mismo, la presencia de enlace C=S evidencia el tratamiento con ácido sulfúrico.

Figura 23

Espectro FTIR del biosorbente después de la hidrólisis ácida y básica (BH)



La hidrolisis acida con ácido sulfúrico diluido permite descomponer compuestos orgánicos mediante la ruptura de enlaces químicos facilitando la liberación de grupos funcionales y aumentando la disponibilidad de sitios activos para de esa manera la capacidad de adsorción; de igual manera, la hidrolisis básica con hidróxido de sodio

diluido permite aumentar el área superficial y reducir el grado de polimerización debido a la eliminación de los enlaces entre la lignina y los carbohidratos (Cortínez, 2010).

El pretratamiento del biosorbente crea un área superficial mayor e incorpora diversas fracciones funcionales unidas a la superficie (Sharma et al., 2024).

La presencia de los grupos funcionales O-H y C=O en el biosorbente hidrolizado contribuyen a una superficie cargada negativamente, generando una repulsión electrostática con la especie aniónica del arseniato y dificulta e impide la biosorción de arsénico, por lo que la modificación química del biosorbente es necesaria.

Tabla 12

Grupos funcionales identificados en el biosorbente después de la hidrólisis ácida y básica (BH)

Nº	Grupo funcional	Numero de onda (cm ⁻¹)
1	O-H	3300.15
2	C-H	2919.52
3	C=O	1634.74
4	C=S	1369.81
5	O-H	1231.76
6	CH ₂ -OH	1018.69

El pretratamiento del biosorbente natural mediante hidrólisis ácida degrada la fracción de hemicelulosa y el pretratamiento alcalino elimina la lignina de manera parcial o total, sugiere que con el pretratamiento se expone los grupos funcionales útiles para la adsorción (Tiwari et al., 2022).

La Figura 24 muestra el espectro IR del biosorbente modificado químicamente con tricloruro de hierro (BM), se observan bandas que reflejan su composición, los grupos funcionales que se encuentran presentes son: O-H, C-H, C=O, C=C, C-H y CH₂-OH (ver

Tabla 13); también se observa un ligero incremento de los porcentajes de transmitancia lo que se puede atribuir a la interacción de los grupos funcionales con el $FeCl_3$, mejorando así las propiedades del biosorbente.

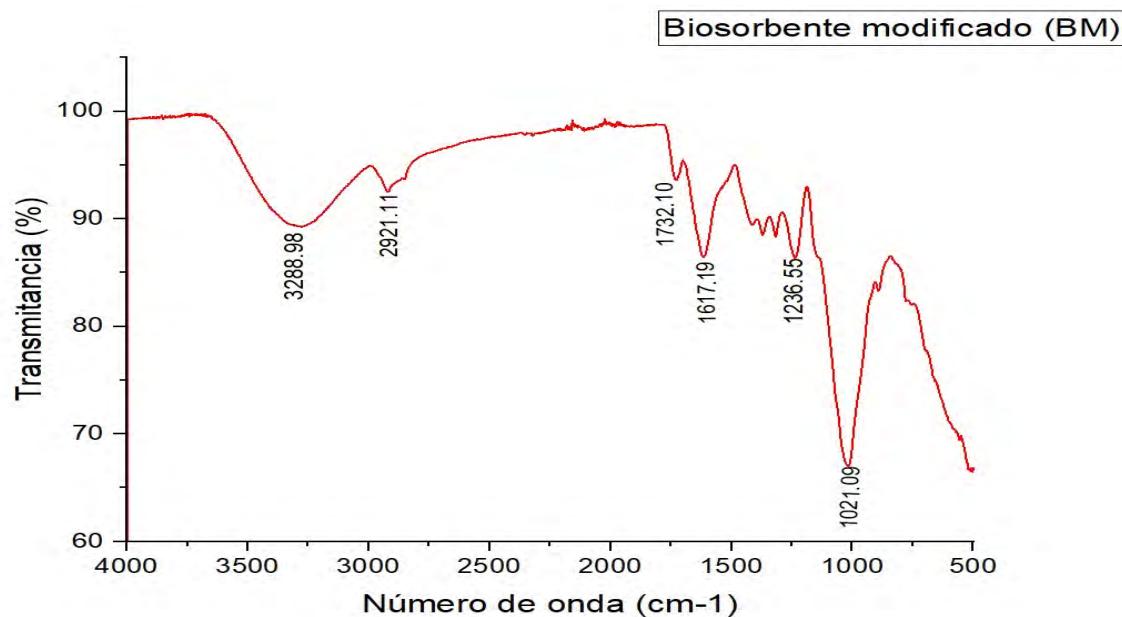
Tabla 13

Grupos funcionales identificados en el biosorbente modificado químicamente con tricloruro de hierro (BM)

Nº	Grupo funcional	Numero de onda (cm^{-1})
1	O-H	3288.98
2	C-H	2921.11
3	C=O	1732.10
4	C=C	1617.19
5	O-H	1236.55
6	CH ₂ -OH	1021.09

Figura 24

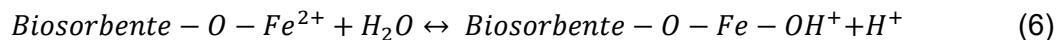
Espectro IR del biosorbente modificado químicamente con tricloruro de hierro (BM)



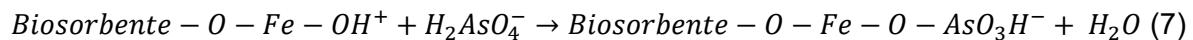
La capacidad de adsorción de As (V) aumenta después de la modificación química del biosorbente, debido a que el biosorbente hidrolizado contiene grupos funcionales hidroxilos que al ser modificado químicamente con $FeCl_3$ se produce la inmovilización de Fe^{3+} sobre la superficie del biosorbente (ver ecuación 5), generando un biosorbente con carga positiva y con sitios activos férricos con alta afinidad por el arseniato.



La Figura 25 muestra el espectro IR del biosorbente saturado después del proceso de adsorción (BS), se identificaron los grupos funcionales O-H, C-H, C=C y C=S (Ver Tabla 14). Debido a la modificación química del biosorbente el hierro se inmovilizó en la superficie del biosorbente formando grupos Fe-O y al ser aplicado en la solución de arsénico V este se hidroliza formando grupos Fe-OH (Dzombak et al., 1990) (ver ecuación 6), siendo estos los verdaderos sitios activos responsables de la remoción del arsénico.



De acuerdo a la Figura 1 a pH 5.5 la especie más predominante de arsénico es $H_2AsO_4^-$ (Smecke, 2002), esta especie se une a los grupos Fe-OH de acuerdo a la ecuación 7.



De la ecuación 7 se observa la formación del enlace covalente Fe-O-As, esto corresponde a un proceso de quimisorción, responsable de la estabilidad del arsénico retenido, ya que se generan especies tipo arseniato férrico hidratado inmovilizadas en la superficie del biosorbente.

Tabla 14

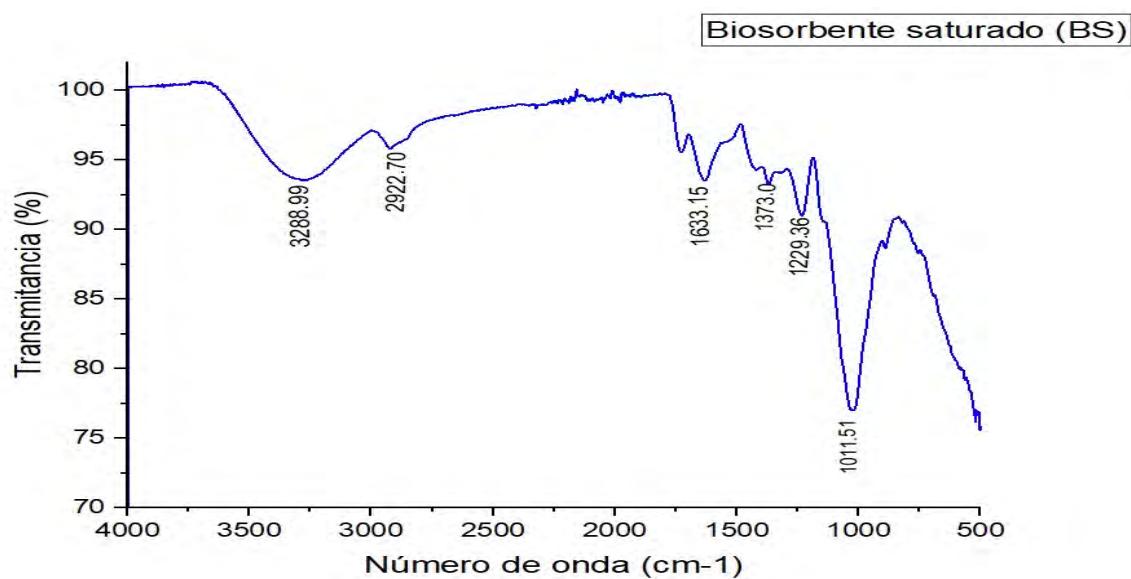
Grupos funcionales identificados en el biosorbente después del proceso de adsorción (BS)

Nº	Grupo funcional	Numero de onda (cm ⁻¹)
1	O-H	3288.99
2	C-H	2922.70
3	C=C	1633.15
4	C=S	1373.0
5	O-H	1229.36
6	CH ₂ -OH	1011.51

Se identifican bandas pequeñas y picos nuevos lo que indica la formación de enlaces metal oxígeno que se atribuyen al enlace entre el oxígeno y hierro presente en el biosorbente modificado. El mecanismo de remoción de arsénico involucra interacciones, reacciones de transferencia de electrones y enlaces hidrógeno (Sharma et al., 2024).

Figura 25

Espectro FTIR del biosorbente después del proceso de adsorción (BS)

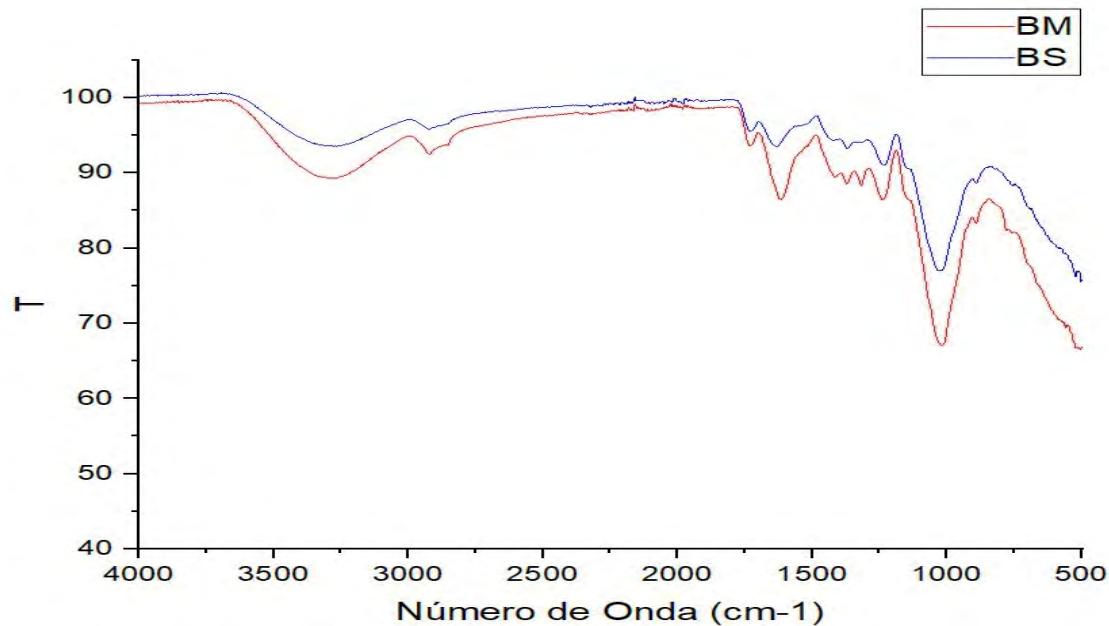


En la Figura 26 se observa la comparación de los espectros IR del biosorbente modificado (BM) y biosorbente saturado después del proceso de adsorción (BS) observando así la similitud en los grupos funcionales.

Así mismo, la presencia de bandas pequeñas en el rango 500 a 1000 cm⁻¹ se atribuye a enlaces Fe-O-As y Fe-O, de la misma manera la intensidad baja de las bandas se atribuye al porcentaje bajo de hierro (Vitela Rodríguez, 2011).

Figura 26

Comparación de espectros



En la Figura 26 en el espectro correspondiente al biosorbente saturado se observa un cambio en la transmitancia de los grupos O-H y la aparición de nuevas bandas en el biosorbente saturado indica la participación de este grupo funcional en la adsorción de arsénico, por otro lado, no se observa un cambio significativo en la región 1800 – 2500 por lo que, los enlaces C-H no interactúan de manera significativa.

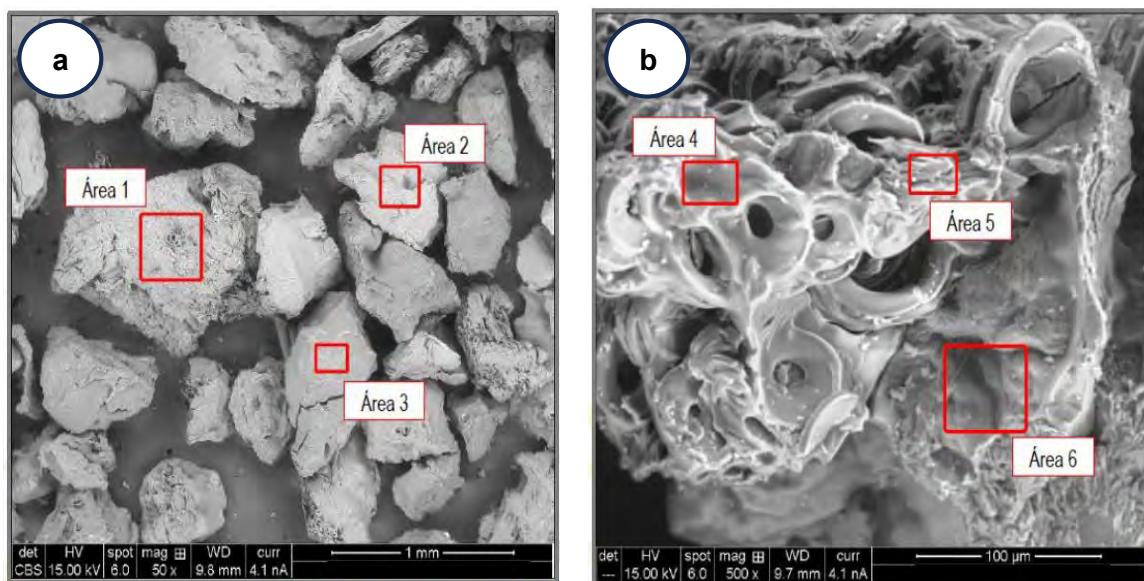
4.4.2. Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido se analizó el biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$, los resultados obtenidos para el análisis de BM se muestran a un aumento de imagen de 50X y 500X.

En la Figura 27 se observa que la muestra consiste principalmente de partículas de tamaños aproximadamente homogéneos de apariencia fibrosa y porosa.

Figura 27

Zona de análisis a 50X y 500X



Nota: La imagen (a) es la micrografía a 50X y la imagen (b) es la micrografía a 500X

En las micrografías morfológicas obtenidas por microscopio SEM se identificó que la estructura del biosorbente está formada por partículas de aspecto amorfó, con presencia de cavidades distribuidas de manera combinada y superficie externa porosa producto de la hidrólisis y modificación química del biosorbente.

En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos del análisis elemental de la caracterización SEM-EDS.

Tabla 15

Resultados del análisis elemental (EDS) del biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$ (BM)

Elemento	Contenido (%)					
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6
Carbono	45.21	43.41	46.48	44.51	46.10	47.55
Oxígeno	45.14	45.74	49.41	41.02	40.66	39.13
Cloro	4.03	6.32	2.14	8.26	6.91	4.81
Calcio	1.15	1.64	-	2.15	1.91	1.34
Hierro	4.47	2.89	1.97	3.12	3.71	7.17
Magnesio	-	-	*	0.94	0.71	-

De la Tabla 15 se observa que la muestra de biosorbente activado presenta entre 43 – 48 % de Carbono, este valor se debe a que el biosorbente obtenido proviene de origen orgánico de las muestras, se detectó también la presencia de oxígeno entre 40 – 50 %, se identifica también la presencia de 1.97 a 7.17 % de hierro y cloro entre 2.14 a 8.26 %, esto se atribuye al proceso de modificación química con $FeCl_3$, por otro lado, también se detecta la presencia de calcio y magnesio. Los resultados del análisis de laboratorio mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido (SEM) se adjuntan en el Anexo D.

Al analizar muestras de mucílago en polvo de opuntia *ficus* mediante la técnica SEM los resultados mostraron la presencia de los elementos: C, O, Mg, K y Ca; así mismo, en las micrografías a un aumento de imagen de 50X y 2000X se observó una superficie amorfa de textura granulosa y porosa con abundantes cráteres (Vargas, Vera,

& Suppé, 2019) lo que indicaría la similitud con nuestro biosorbente obtenido a partir del cactus Huaraco.

4.5. Proceso de biosorción

La Tabla 16 muestra el resultado promedio de la concentración final de arsénico y la capacidad de adsorción (q), variable que se determinó a partir de la Ecuación 3, donde la concentración inicial de arsénico fue de 0.101 ppm para todos los experimentos.

En el Apéndice A se muestran los resultados de los 33 experimentos y en el Anexo C se muestran los resultados del análisis de laboratorio de las pruebas de adsorción de arsénico.

De la Tabla 16 se observa que la mayor capacidad de adsorción de arsénico (V) que se obtuvo corresponde al experimento N°8 con una capacidad de adsorción de 0.556 mg/g a un pH (5.5), un tamaño de partícula (150 μm) y a una dosis (0.1 g/L); por otro lado, la menor capacidad de adsorción corresponde al experimento N° 5 que fue de 0.041 mg/g a un pH (7.5), un tamaño de partícula (425 μm) y una dosis (1 g/L). se obtuvo una capacidad de adsorción inferior al valor reportado por

Humpiri (2023) en su investigación utilizó como biomasa el cactus Waraqqo y obtuvo una capacidad de adsorción de 18.80 $\mu\text{g/g}$. Al realizar la comparación con el resultado obtenido se observa que obtuvo una capacidad de adsorción menor, diferencia que podría atribuirse a la concentración inicial de Arsénico, ya que en su investigación trabajó con una concentración de 50 ppm de As.

Tabla 16*Capacidad de adsorción promedio*

Nº	pH	T (μm)	D (g/L)	Ci As (mg/L)	Cf As (mg/L)	q (mg/g)	% A
1	5.5	425	0.1	0.101	0.075 ± 0.006	0.260 ± 0.060	25.743 ± 6.023
2	5.5	425	1	0.101	0.035 ± 0.002	0.066 ± 0.002	65.347 ± 1.980
3	7.5	150	1	0.101	0.016 ± 0.004	0.085 ± 0.004	84.488 ± 3.477
4	6.5	212	0.55	0.101	0.051 ± 0.003	0.091 ± 0.005	49.505 ± 2.619
5	7.5	425	1	0.101	0.600 ± 0.012	0.041 ± 0.012	40.594 ± 12.004
6	7.5	150	0.1	0.101	0.073 ± 0.002	0.280 ± 0.023	28.053 ± 2.286
7	7.5	425	0.1	0.101	0.090 ± 0.007	0.107 ± 0.068	10.561 ± 6.739
8	5.5	150	0.1	0.101	0.045 ± 0.004	0.556 ± 0.039	55.116 ± 3.748
9	5.5	150	1	0.101	0.015 ± 0.003	0.086 ± 0.003	84.818 ± 2.858
10	6.5	212	0.55	0.101	0.049 ± 0.007	0.095 ± 0.012	51.485 ± 6.492
11	6.5	212	0.55	0.101	0.023 ± 0.002	0.142 ± 0.004	77.558 ± 2.061

Nota. Ci es la concentración inicial de As en la solución, Cf es la concentración final de As en la solución, q es la capacidad de adsorción y %A es el porcentaje de adsorción.

Rahman et al., (2023) en su investigación estudiaron el efecto del tamaño de partícula en el proceso de adsorción de arsénico utilizando como adsorbente cáscara de huevo, reportaron una capacidad de adsorción de 0.675 mg/g a una concentración inicial de arsénico de 2.5 mg/L.

4.6. Análisis estadístico

4.6.1. Análisis de Varianza

El análisis de varianza (ANOVA) permite evaluar el efecto de las tres variables (dosis, tamaño de partícula y pH) y sus interacciones sobre la capacidad de adsorción de

As (q), en la Tabla 17 se muestra que todas variables independientes principales tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la capacidad de adsorción, ya que, presentan un valor P menor a 0.05 y un valor alto de F, esto indica que las variables de dosis, tamaño de partícula y pH son estadísticamente significativas sobre la variable respuesta q. Además, las interacciones AB Y AC también resultaron ser estadísticamente significativas con valores de P de 0.0001 respectivamente, lo que sugiere que estos factores no actúan de manera independiente, sino que se atenúan entre sí. Por otro lado, la interacción BC no es significativa ya que presenta un valor P 0.2997, lo que indica que no existe influencia entre estas dos variables sobre q. Finalmente la interacción ABC presenta un valor P 0.0903, dicho valor indica que esta interacción no es significativa a un nivel de significancia del 95 %.

Quispe, (2023) en su estudio “Evaluación de la capacidad de bioadsorción de metales pesados (As, Ba, Cd, Cr, Pb y Hg) utilizando cáscara de arroz (*Oryza Sativa*) en muestras sintéticas y aplicado a efluentes industriales” determinó que las mejores condiciones de pH y dosis en el proceso de adsorción de arsénico fueron de 4 y 0.25 g respectivamente a una concentración inicial de As de 20mg/L.

Vargas, (2022) en su estudio “Biosorción de cromo (III) de aguas contaminadas utilizando *Pennisetum clandestinum* Hochst” determinó que las variables pH, tamaño de partícula y dosis son significantes en el proceso de adsorción; sin embargo, la variable más significativa y de mayor efecto en el proceso de adsorción es la dosis de biosorbente, ya que tiene un valor P de 0.0258 y F de 5.64.

Tabla 17
Análisis de varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: Dosis	0.324338	1	0.324338	120.2	0
B: Tamaño de partícula	0.108004	1	0.108004	40.03	0
C: pH	0.0759375	1	0.0759375	28.14	0
AB	0.0630375	1	0.0630375	23.36	0.0001
AC	0.0610042	1	0.0610042	22.61	0.0001
BC	0.0030375	1	0.0030375	1.13	0.2997
ABC	0.0084375	1	0.0084375	3.13	0.0903
Bloques	0.00356364	2	0.00178182	0.66	0.5262
Error total	0.0620587	24	0.0026982		
Total (corr.)	0.709418	32			

4.6.2. Modelo matemático del proceso de adsorción

El modelo matemático del proceso de adsorción de arsénico (V) utilizando el biosorbente obtenido a partir del cactus Huaraco (*Austrocylindropuntia floccosa*), se determinó en función de las variables en estudio (pH, dosis y tamaño de partícula).

La Tabla 18 muestra los coeficientes de regresión para la capacidad de adsorción.

Tabla 18*Coeficiente de regresión para la capacidad de adsorción (q)*

Coeficiente	Estimado
constante	1.80838
A: Dosis	-1.79099
B: Tamaño de partícula	-0.00255859
C: pH	-0.18931
AB	0.00279798
AC	0.199158
BC	0.00024849
ABC	-0.00030303

Nota. AB: es la interacción Dosis - Tamaño de partícula, AC: es la interacción pH - Dosis
Y BC: interacción pH – Tamaño de partícula.

La ecuación que se presenta a continuación se ajustó conforme a los datos experimentales y corresponde al modelo matemático ajustado.

$$q = 1.80838 - 1.79099D - 0.00255859T - 0.18931pH + 0.00279798DT + 0.199158DpH \\ + 0.000248485TpH - 0.00030303DTpH$$

$$R^2 = 91.25 \% \text{ y } R^2 \text{ ajustado} = 87.8291 \%$$

Donde:

pH: pH de la solución

D: Dosis de biosorbente (g/L)

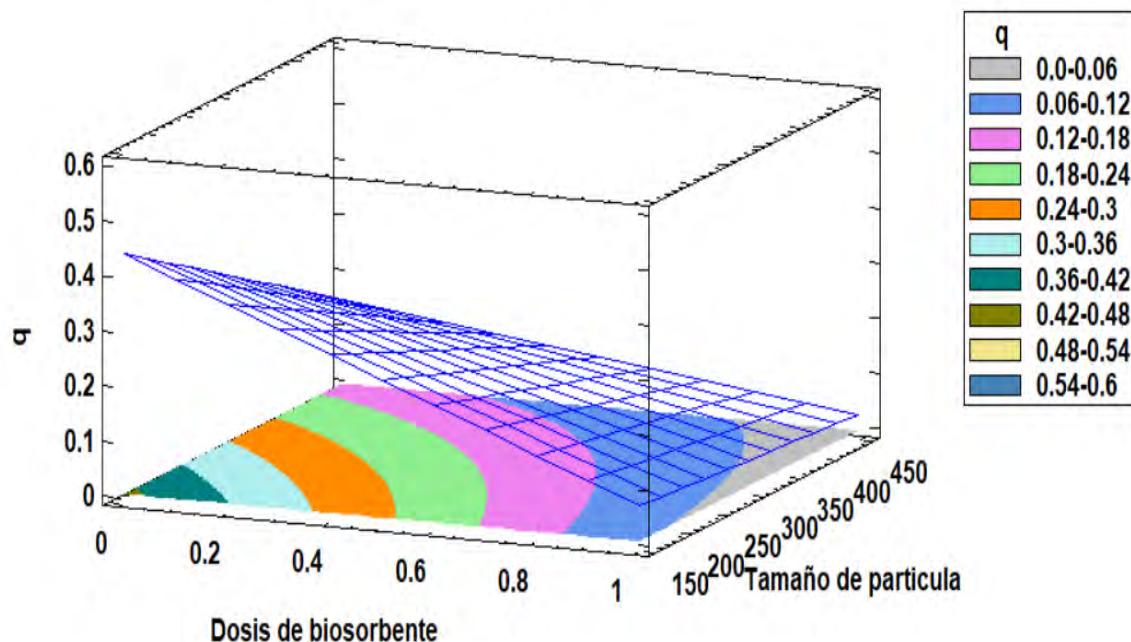
T: Tamaño de partícula (μm)

4.6.3. Superficie de respuesta

La superficie respuesta nos permite visualizar la forma en la que se modifica la capacidad de adsorción en el rango de trabajo evaluado y a partir de esta obtener predicciones de la variable respuesta.

Figura 28

Superficie de respuesta estimada, pH = 6.5

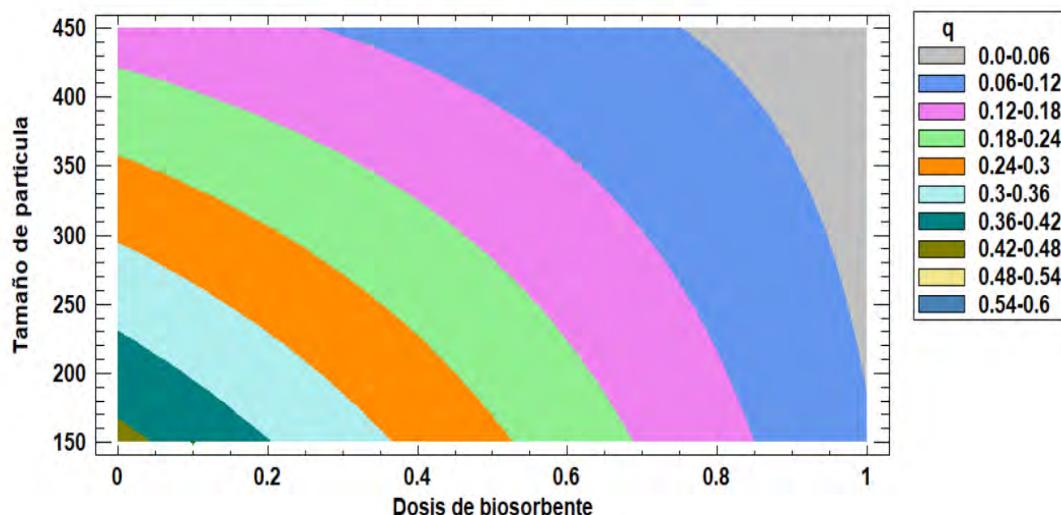


En la Figura 28 se observa la respuesta estimada para los puntos centrales considerados en la presente investigación a un tamaño de partícula de 150 μm , la mayor capacidad de adsorción se encuentra en la parte azul oscura de la superficie con valores entre 0.54 y 0.6 mg/g, cabe recalcar que son los valores más altos que se logró del diseño experimental, mismos que corresponden a un pH de 5.5 y dosis de 0.1 mg/L. Por otro lado, los valores más bajos se encuentran en la zona de color gris que varía desde una capacidad de adsorción de 0 a 0.06 mg/g.

La Figura 29 muestra el contorno de la superficie de la respuesta estimada que contribuye a la interpretación con respecto a la variable respuesta, por un lado se observa el mínimo valor estimado de la variable respuesta en la zona gris en un rango de 0 a 0.06 mg/g, por otro lado, un rango ligeramente mayor se encuentra en la zona de color azul con valores entre 0.06 a 0.12 mg/g y de forma similar los valores se van incrementando secuencialmente hasta llegar al máximo valor de capacidad de adsorción.

Figura 29

Contornos de la superficie de respuesta estimada, tamaño 28



4.6.4. Efectos estimados para la capacidad de adsorción

Para la evaluación de los efectos y la influencia de las variables, se utilizó el software STATGRAPHICS 18-X64. En la Tabla 19 se muestran los resultados de los efectos estimados de las variables independientes pH, dosis y tamaño de partícula sobre la variable respuesta q (capacidad de adsorción), este análisis nos facilita la comprensión sobre como influyen estas variables y sus combinaciones en el resultado final de la capacidad de adsorción.

Tabla 19*Efectos estimados para q(mg/g)*

Efecto	Estimado	Error estimado	V.I.F.
Promedio	0.17	0.00904233	
A: Dosis	-0.2325	0.0212062	1
B: Tamaño de partícula	-0.1341	0.0212062	1
C: pH	-0.1125	0.0212062	1
AB	0.1025	0.0212062	1
AC	0.100833	0.0212062	1
BC	0.0225	0.0212062	1

Nota. AB: es la interacción Dosis- Tamaño de partícula., AC: es la interacción Dosis – Tamaño de partícula y BC: interacción Tamaño de partícula – pH.

Se observa que los valores contenidos en la Tabla 19 indican que la variable dosis tiene un efecto negativo de -0.2325, lo que indica que, al incrementar la dosis, la capacidad de adsorción disminuye; el efecto de la variable tamaño de partícula tiene un valor negativo de -0.1341, lo que sugiere que un tamaño de partícula mayor reduce el valor de q; de la misma manera el valor del pH tiene un valor negativo de -0.1125, lo que indica que al incrementar el pH la variable respuesta q decrece.

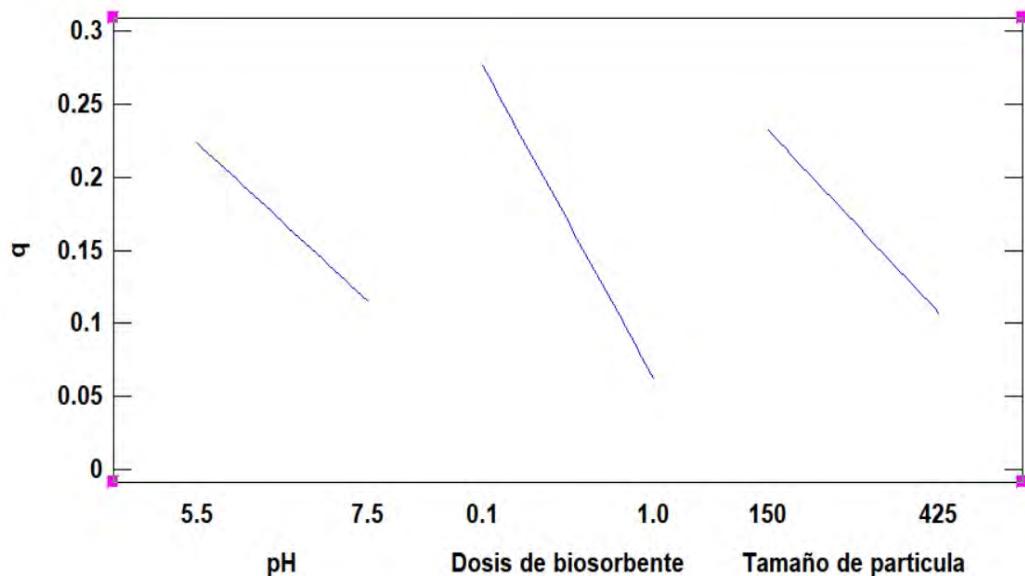
Por otro lado, se observa que el efecto de las interacciones de las variables AB, AC y BC es positivo, lo que indica que la combinación de dosis-tamaño, dosis-pH y tamaño de partícula-pH puede incrementar el valor de la capacidad de adsorción.

La Tabla 12 indica que los efectos de las variables dosis, tamaño de partícula y pH de manera independiente son negativos; sin embargo, las interacciones entre ellas son positivas, ayudando a mejorar la capacidad de adsorción.

La Figura 30 muestra la relación que hay entre la capacidad de adsorción y las tres variables independientes, también detalla que la mayor capacidad de adsorción se obtiene a un pH bajo, dosis de biosorbente bajo y a un tamaño de partícula pequeño.

Figura 30

Efectos principales para la capacidad de adsorción (q)



Al incrementar el valor del pH de 5.5 a 7.5 la capacidad de adsorción disminuye de 0.23 a 0.12 mg/g, de la misma manera al incrementar la dosis del biosorbente en el proceso de adsorción de 0.1 a 1.0 g/L la capacidad de adsorción disminuye de 0.28 a 0.06 mg/g, también al incrementar el tamaño de partícula de 150 a 425 μm la capacidad de adsorción decrece de 0.24 a 0.12 mg/g. (ver Figura 30).

En procesos de biosorción de arsénico en muestras de agua potable, la presencia de otros metales y contaminantes pueden interferir en el proceso de biosorción. Esto se debe a que, en sistemas multicomponentes los distintos iones metálicos compiten por los sitios activos disponibles en la superficie del biosorbente, reduciendo la capacidad de biosorción de arsénico. Además, el biosorbente puede mostrar preferencia por ciertos

iones. Por otro lado, la presencia de sustancias orgánicas o sólidos en suspensión pueden recubrir o bloquear la superficie del biosorbente, impidiendo el contacto directo con los metales (Hamid, 2014).

Macena et al.,(2025) concluye de que el pH desempeña un rol importante en el proceso de biosorción debido a que influye en la disponibilidad de iones y sobre la carga del biosorbente, así mismo, indica que la dosis del adsorbente influye en el proceso de adsorción debido a que afecta la tasa de saturación y la eficiencia de eliminación del metal y determinó que a medida que disminuyó el tamaño de partícula la capacidad de adsorción mejoró ya que proporcionan una mayor área superficial y reducen la resistencia a la difusión.

Vargas, (2022) en su estudio “Biosorción de cromo (III) de aguas contaminadas utilizando *Pennisetum clandestinum* Hochst” determinó que el efecto de la variable dosis y tamaño de partícula sobre la capacidad de adsorción es negativo, lo que indica que al aumentar el valor de estas variables la capacidad de adsorción disminuye.

Yilong et al., (2017) en su estudio “Stabilization of arsenic in waste slag using $FeCl_2$ or $FeCl_3$ stabilizer” obtuvo una mejor remoción de arsénico con $FeCl_3$ a un pH 4. Amparán, (2007) en su investigación “Modificación con hierro de carbón activado para remover As en agua” indica que el pH es un factor importante en la remoción de arsénico (V) por hierro, ya que en valores de pH ácidos se absorbe de mejor manera el As (V); también realizó el estudio de la dosis y removió en un 95 % de arsénico a una dosis de 0.5 g/L. Rahman et al., (2023) en su investigación “Adsorption Behavior of eggshell on arsenic (V) ion” concluye que a menor tamaño de partícula del adsorbente, la tasa de adsorción es alta debido a la gran superficie.

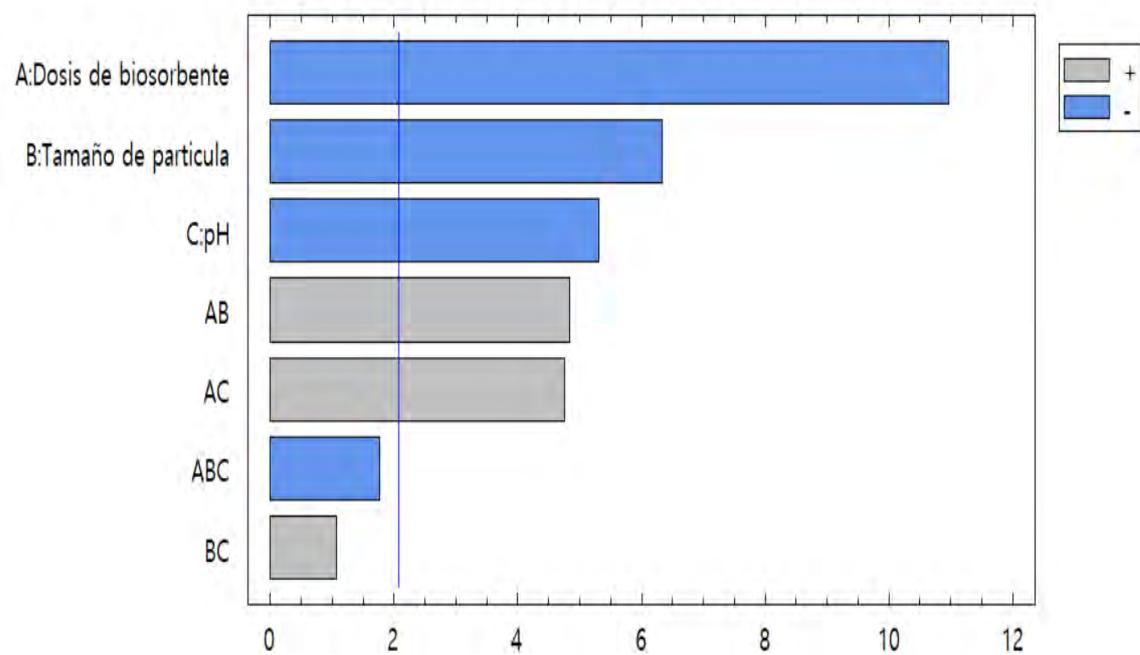
4.6.5. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se caracteriza por ser una representación gráfica que permite demostrar las variables que inciden con mayor importancia en el sistema

A través de la Figura 31 es posible determinar las variables con mayor significancia con respecto a la variable respuesta que es la capacidad de adsorción en el análisis estadístico.

Figura 31

Diagrama de Pareto estandarizado para q



En la Figura 31 se observa que la variable más significante en el proceso de adsorción de arsénico (V) es la dosis de adsorbente (A); sin embargo, la barra correspondiente a esta variable es azul lo que indica que tiene un efecto negativo, ya que al aumentar el valor de esta variable el resultado de la capacidad de adsorción disminuye; las siguientes variables más influyentes en el proceso son el tamaño de partícula (B) y el pH (C), variables que también tienen un efecto negativo en el resultado de la capacidad de adsorción. Las interacciones de dosis del biosorbente-tamaño de partícula (AB) y dosis

de biosorbente-pH (AC) son moderadas, las barras correspondientes a estas interacciones son grises lo que indica que tienen efectos positivos en la capacidad de adsorción. Es decir que, aunque el efecto independiente cada una de las variables es negativa las interacciones entre ellas pueden generar un cambio positivo en q. Por otro lado, la interacción de tamaño de partícula - pH (BC) y ABC son las interacciones menos importantes ya que presentan efectos muy bajos y no superan el valor de significancia 2 representado por la línea vertical.

4.7. Proceso de biosorción de As en muestra de agua potable

El proceso de biosorción se realizó con las muestras que se tomaron del sistema de agua potable de la comunidad Huancané Bajo, Espinar; Cusco, para ello se utilizó el equipo de prueba de jarras, las variables del proceso se detallan en la Tabla 20.

Tabla 20

Variables del proceso

Variable	Valor
pH de la solución	5.5
Tamaño del biosorbente (μm)	150
Dosis del biosorbente (mg/L)	0.1
Velocidad de agitación (rpm)	150
Tiempo de contacto (h)	2

Las variables de dosis del biosorbente, pH y tamaño del biosorbente se determinaron de acuerdo a la mejor capacidad de adsorción obtenida de las pruebas de adsorción de arsénico en muestras de agua sintética.

Al finalizar las pruebas de adsorción y con los resultados de laboratorio se determinó la capacidad de adsorción y el porcentaje de remoción de As (V) de acuerdo a

la ecuación (3) y (4), los resultados de los cálculos realizados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21

Resultado del cálculo de la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de As (V)

Nº Muestra	Ci As (mg/L)	Cf As (mg/L)	q (mg/g)	%R
1	0.039	0.006	0.33	84.62
2	0.021	0.006	0.15	71.43

Nota. Donde Ci: concentración inicial de As, Cf: concentración final de arsénico, q: capacidad de adsorción y %R: porcentaje de remoción.

La capacidad de adsorción al emplear el biosorbente obtenido a partir del cactus Huaraco y aplicarlo a las muestras de agua real fue de 0.33 mg/g y 0.15 mg/g, valores menores al calculado en las pruebas de adsorción en agua sintética, debido a que la muestra de agua real puede presentar impurezas como otros metales pesados, presencia de turbiedad, sales y otros compuestos. Los factores que afectan la tasa de adsorción son: la temperatura, la concentración del metal y la presencia de impurezas. Estas impurezas o contaminantes afectan la adsorción ya que ocurre el fenómeno de adsorción competitiva (Muhammad et al., 2021). La factibilidad y aplicabilidad de un proceso depende también de la composición del agua (Sala et al., 2010).

Vitela, (2011) indica que existe un efecto de competencia entre los aniones presentes en el agua natural por los sitios de adsorción, lo que afecta la capacidad de adsorción y el porcentaje de remoción de arsénico.

Los resultados de las pruebas de análisis de laboratorio se encuentran en el Anexo F.

5. CONCLUSIONES

1. La capacidad de adsorción obtenida del proceso de adsorción de arsénico (V) de las muestras 1 y 2 de agua potable proveniente de la red de distribución del sistema de agua de la comunidad de Huancané Bajo, Espinar, Cusco, utilizando el biosorbente con matriz modificada obtenido a partir del cactus *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) fue de 0.33 mg/g y 0.15 mg/g respectivamente, obteniendo un porcentaje de remoción de As (V) de 84.62% y 71.43%; así mismo, se logró reducir la concentración de arsénico (V) en el agua de 0.039 y 0.021 mg/L a 0.006 mg/L, alcanzando una disminución significativa de este contaminante, dicho valor se encuentra dentro del Límite Máximo Permisible (LMP) del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, lo que indica que el tratamiento de adsorción fue eficaz; sin embargo esta aplicación sería más importante en aguas residuales.
2. Del análisis fisicoquímico que se realizó a la muestra de agua potable proveniente de la red de distribución del sistema de agua de la comunidad Huancané Bajo, Espinar, Cusco, se identificó que el parámetro que supera el límite máximo permisible (LMP) establecido en la normativa vigente fue el arsénico (V) con un valor de 0.039 mg/L y 0.021 mg/L.
3. Se obtuvo un biosorbente con matriz modificada a partir del cactus *Austrocylindropuntia Floccosa* (Huaraco) a través del mecanismo de activación y modificación química. De la caracterización del biosorbente natural (BN), biosorbente después de la hidrólisis ácida y básica (BH), biosorbente después de la modificación química con tricloruro férrico (BM) y biosorbente después del proceso de adsorción (BS) mediante el método FTIR se identificaron los grupos funcionales (O-H, C-H, C=C y C=S), que sugieren la interacción de estos con el arsénico (V) en la adsorción; por otro lado, mediante el análisis SEM se

determinó que la morfología del biosorbente modificado químicamente con $FeCl_3$ está formada por partículas de aspecto amorfo, con presencia de cavidades distribuidas de manera combinada y superficie externa porosa, lo que demuestra que el tratamiento previo que se realizó ayudó a mejorar sus propiedades adsorbentes.

4. Se obtuvo una capacidad de adsorción de 0.556 mg/g, mediante un proceso de adsorción de arsénico utilizando el biosorbente con matriz modificada obtenido a partir del cactus *Austrocylindropuntia Floccosa* (Huaraco) a pH 5.5, dosis de biosorbente 0.1 g/L y tamaño de partícula de 150 μm con un 59.4% de remoción de arsénico a una concentración inicial de arsénico de 0.1 ppm. Del análisis estadístico que se realizó se demuestra que la capacidad de adsorción del biosorbente con matriz modificada se ve influenciada de manera significativa por el pH, la dosis del biosorbente y el tamaño de partícula. Al incrementar el valor del pH de 5.5 a 7.5 la capacidad de adsorción disminuyó de 0.23 a 0.12 mg/L, lo que sugiere que un medio acido favorece el proceso de adsorción. Asimismo, al aumentar la dosis del biosorbente de 0.1 a 1.0 g/L, la capacidad de adsorción se redujo de 0.28 a 0.06 mg/g, lo que indica la posible saturación de sitios activos. De la misma manera, el incremento del tamaño de partícula de 150 a 425 μm , afecta de manera negativa a la capacidad de adsorción ya que reduce de 0.24 a 0.12 mg/g, lo que indica la reducción del área superficial específica.

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas de adsorción de As (V) a concentraciones mayores de 50ppm.
2. Se recomienda realizar estudios de la capacidad de adsorción de As con diferentes tipos de biomasa existentes en la zona.
3. Se recomienda realizar el estudio de la cinética de adsorción.
4. Se recomienda evaluar la capacidad de adsorción de la biomasa obtenida a partir del cactus *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco) en la aplicación a otros metales.
5. Llevar a cabo análisis de factibilidad para determinar si el proceso de biosorción puede implementarse a gran escala.
6. Realizar la caracterización de parámetros químicos inorgánicos a las muestras de agua de consumo humano con la finalidad de detectar todos los iones metálicos presentes en la muestra.
7. Estudiar la selectividad del biosorbente obtenido a partir del cactus *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaraco).

7. BIBLIOGRAFÍA

Alsamman, M., Sotelo, S., Sánchez, J., & Rivas, B. (2022). *Arsenic oxidation and its subsequent removal from water: An overview.*

doi:<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.123055>

Alvarez, C., Vergara, F., Acevedo, R., & Severiche, C. (2014). *Evaluación analítica para la determinación de arsénico y selenio en aguas por espectroscopía de absorción atómica.*

Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602014000100003

Amnistía Internacional. (2021). *Estado de salud fallido: Emergencia de salud en pueblos indígenas de Espinar, Perú.* London: EDAI.

Amparán, A. C. (2007). *Modificación con hierro de carbón activado para remover As en agua.*

AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis.*

Areco, M. M., & Dos Santos, M. (2011). *Biosorción: un método alternativo para el tratamiento de la contaminación ambiental por metales pesados.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/260080768_Biosorcion_un_metodo_alternativo_para_el_tratamiento_de_la_contaminacion_ambiental_por_metales_pesados

ATSDR. (2024). *Agency for Toxic Substances and Disease Registry.* Obtenido de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades:

https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_ph2.html

Begazo, Y., & Pareja, S. (2019). *Biosorción de arsénico utilizando biommasas secas en aguas superficiales.* Arequipa.

- Budiyantoro, C., & Yudhanto, F. (2024). *Comparative Analysis of Cellulose, Hemicellulose and Lignin on The Physical and Thermal Properties of Wood Sawdust for Bio-Composite Material Fillers*. doi:<http://dx.doi.org/10.18280/rcma.340114>
- Cañizares, R. O. (2000). *Biosorption of heavy metals by microorganisms*. Zaragoza: Revista Latinoamericana de Microbiología.
- Cárdenas, M. A., & Ulloa, M. P. (2013). *Determinacion de capacidad de bioadsorción de plomo divalente empleando Pennisetum clandestinum Hochst (KIKUYO) como adsorbente a nivel laboratorio*. Huancayo. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2187>
- Carey, F., & Giuliano, R. (2014). *Química Orgánica*. México: McGraw-Hill.
- Carro de Diego, L. (2012). *Eliminación de mercurio de efluentes acuosos con materiales de bajo coste : proceso combinado de bioadsorción-reducción*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2183/10146>
- CENSOPAS. (2022). *Reporte de los resultados en la Provincia de Espinar*.
- Chávez, J. d. (2016). *Eficiencia del Coagulante a base de Huaraco (Austrocylindropuntia floccosa) en la disminución de la turbiedad en las aguas de la laguna Yanacocha – Pasco*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/885>
- Chavez, M., & Domine, M. (2013). *LIGNINA, ESTRUCTURA Y APLICACIONES: MÉTODOS DE DESPOLIMERIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE DERIVADOS AROMÁTICOS DE INTERÉS INDUSTRIAL*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323629266003.pdf>
- Chen, W., Parette, J., Cannon, F., & Dempsey, B. (2007). *Arsenic removal by iron-modified activated carbon*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.01.052>

Cheng, K.-K., Cai, B.-Y., Zhang, J., & Ling, Z. H. (2008). *Sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate for ethanol production by acid recovery process.*
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2007.07.012>

Chojnacka, K. (2010). *Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications.* Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.12.001>

Chowdhury, R., & Mulligan, C. (2011). *Biosorption of arsenic from contaminated water by anaerobic biomass.*

Cortés, W. G. (2014). *Tratamientos Aplicables a Materiales Lignocelulósicos para la obtención de Etanol y Productos Químicos.* Obtenido de <https://doi.org/10.18270/rt.v13i1.1297>

Cortínez, V. A. (2010). *Comparación de pretratamientos en residuos forestales para la producción de bioetanol de segunda generación: Hidrolisis ácida y líquidos iónicos.*
Obtenido de https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-cortinez_vv/pdfAmont/cf-cortinez_vv.pdf

Del carpio Jiménez, C. (2017). *Estudio de la bioadsorción de Pb (II) y Cd (II) usando como biomasa a Escherichia coli aislada de las aguas contaminadas del Río Huatanay de la Ciudad del Cusco.* Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5361>

Demirbas, A. (2008). *Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: a review.*
Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.01.024>

Dzombak, D., & Morel, F. (1990). *Surface Complexation Modeling: Hydrous Ferric Oxide.*

Esteban, N. (2018). *Tipos de investigación.* Obtenido de
<http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>

Fengel, D., Wegener, G., & Gruyter, W. (1984). *Wood-chemistry, ultrastructure, reactions.*
Obtenido de <https://doi.org/10.1002/pol.1985.130231112>

Fernández, F. (2011). *Análisis de los sistemas de refrigeración solar por adsorción*. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4986/>

Fernández, U. R. (2015). *Adsorción de plomo de aguas contaminadas usando el cactus gigantón (*Trichocereus cuzcoensis*)*. Cusco. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/1575>

Fernandez, U. R., & Maldonado, A. (2020). *Adsorción de Plomo de Aguas Contaminadas Usando el Cactus Trichocereus cuzcoensis*. Perú.
doi:<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.295>

Gadd, G. M. (2009). *Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/jctb.1999>

GERESA. (2021). *Monitoreo del agua para consumo humano en 11 localidades del distrito de Espinar de la Provincia de Espinar.*

GERESA. (2022).

Hamid, A. (2014). *Biosorption of Heavy Metals: A Review*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/266795209_Biosorption_of_Heavy_Metals_A_Review

Hansen, H., Ribeiro, A., & Mateus, E. (2006). *Biosorption of arsenic(V) with *Lessonia nigrescens**. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2005.08.018>

Harkin, J. (1972). *Woos Chemistry; Lignins. Occurrence, formation, structure and reactions*. science. Obtenido de <https://doi.org/10.1126/science.175.4025.978.b>

Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

- Humpiri, A. D. (2021). *Bioadsorción de arsénico en aguas de pozo tubular de la ciudad de Juliaca con biomasa de waraqgo (Echinopsis maximiliana)*. Puno, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16512>
- Kuivenhoven, M., & Mason, K. (2025). *Arsenic Toxicity*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541125/>
- Litter, M., Armienta, M., & Farias, S. (2009). *Metodologías analíticas para*. Argentina: CYTED.
- Liu, Y., & Wang, J. (2009). *Fundamentals and Applications of Biosorption , kinetics and thermodynamics*. New York.
- Long, H., & Lewis, N. (2019). *Medicina de urgencias* .
- Luna, E., Zegbe, J., Meza, A., & Minjares, R. (2023). *MUCÍLAGO DE NOPAL (Opuntia spp.) Y SU APLICACIÓN COMO ADITIVO ALIMENTARIO: UNA VISIÓN GENERAL*. México. Obtenido de <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/46-1/6a.pdf>
- Maceda, A., Soto, M., Peña, C., Trejo, C., & Terrazas, T. (2022). *Lignina: composición, síntesis y evolución*. Obtenido de <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722137>
- Macena, M., Pereira, H., Cruz, L., Grosche, L., & Esteves, B. (2025). *Competitive Adsorption of Metal Ions by Lignocellulosic Materials: A Review of Applications, Mechanisms and Influencing Factors*. doi:<https://doi.org/10.3390/separations12030070>
- Maki, G., Peña, C., Garcia, R., Arévalo, L., Calderon, G., & Anaya, S. (2015). *Características físicas y químicas de nopal verdura (Opuntia ficus-indica) para exportación y consumo nacional*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000100003#:~:text=La%20humedad%20de%20los%20nopales,95.0%20%25%20seg%C3%A9n%20Mizrahi%20et%20al.

- Martín, A. (2017). *El arsénico, un enemigo oculto en nuestras aguas*. Obtenido de
<https://www.fundacionaque.org/arsenico-enemigo-oculto-nuestras-aguas/>
- Medina, M., Robles, P., & Mendoza, M. (2018). *Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana*. Lima. Obtenido de
<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
- Mendieta, E. E. (2008). *Estudio de la capacidad de adsorción del carbón activado obtenido a partir de la semilla de nancite para la remoción de arsénico en aguas de pozos con alto contenido de arsénico*. Lima. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/323/1/24548.pdf>
- MINSA. (2010). *D.S. N°031-2010-SA / Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima.
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., & R, E. (2005). *Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass*.
- Muhammad, Z., Mohd, S., & Lutfor, R. (2021). *Heavy Metals Removal from Water by Efficient Adsorbents*. doi:<http://dx.doi.org/10.3390/w13192659>
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (Cuarta ed.). Obtenido de
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/41985/9243545035-spa.pdf>
- OMS. (2022). *Arsénico*. World Health Organization. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- ONU. (2022). *La salud de diez millones de peruanos está en riesgo por el envenenamiento del agua con sustancias tóxicas*. Obtenido de
<https://news.un.org/es/story/2022/12/1517512#:~:text=las%20empresas%20mineras.-,La%20salud%20de%20diez%20millones%20de%20peruanos%20est%C3%A1%20en>

%20riesgo,del%20agua%20con%20sustancias%20t%C3%B3xicas&text=El%20Gobiern
o%20de%20Per%C3%BA%20debe,a%20lo%20la

Ostolaza, C. (2014). *Todos los cactus del Perú*, Ministerio del Ambiente. Lima.

Pal, P. (2020). *Membrane-based technology for groundwater treatment*.

doi:<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819455-3.00010-8>

Quispe, E., & Torres, R. (2024). *Remoción de metales pesados utilizando mucílago de cactus en la laguna Smelter de Cerro de Pasco, Perú - 2023*. Huancayo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/14752>

Quispe, K. (2023). *Evaluación de la capacidad de bioadsorción de metales pesados (As, Ba, Cd, Pb y Hg) utilizando cáscara de arroz (*Oryza Sativa*) en muestras sintéticas y aplicado a efluentes industriales*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12773/16982>

Rahdar, S., Taghavi, M., Khaksafidi, R., & Ahmadi, S. (2019). *Adsorption of arsenic (V) from aqueous solution using modified saxaul ash:Isotherm and thermodynamic study*.

doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s13201-019-0974-0>

Rahman, M., Rahman, S., Ali Anan, A., & Tahmid, F. (2023). *Adsorption Behavior of Eggshell on Arsenic (V) Ion*.

doi:https://www.researchgate.net/publication/366724187_Adsorption_Behavior_of_Eggs_hell_on_Arsenic_V_Ion

Roque, J., & Beltran, A. (2022). *Adsorción de arsénico (V) con biomasa de Sacha Inchi por columnas de lecho fijo*. Arequipa. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f546d89a-f319-4ef9-b3cc-1d87b3a78c14/content>

- Saenz, N., & Vilca, R. (2023). *Efecto de la totora (Schoenoplectus californicus) y cloruro férrico en la disminución de arsénico en las aguas subterráneas en el distrito de Caracoto.* Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/109409>
- Sala, L., García, S., González, J., Frascaroli, M., Bellú, S., Mangiaameli, F., . . . Salas, J. (2010). *Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho.* Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3235861.pdf>
- Sanchez, J., González, R., Blancas, F., & Fonseca, Á. (2020). *Utilización de subproductos agroindustriales para la bioadsorción de metales pesados.* doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.261>
- Sarria, R. A., Gallo, J. A., & Benítez, R. (2020). *Tecnologías para remover metales pesados presentes en aguas. Caso Cromo y Mercurio.* Obtenido de <https://doi.org/10.46571/JCI.2020.1.8>
- Sharma, G., Verma, Y., Wei, C., Naushad, M., Iqbal, J., Kumar, A., & Dhiman, P. (2024). *Biochar and biosorbents derived from biomass for arsenic remediation.* doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36288>
- Smedley, P. (2002). *A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters.* doi:[https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5)
- Tarabaki, R., & Heidarizadi, E. (2018). *Simultaneous biosorption of Arsenic (III) and Arsenic (V): Application of multiple response optimizations.* Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.063>
- Tejada, C., Villabona, A., & Garces, L. (2015). *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico.* Cartagena. Obtenido de <https://doi.org/10.22430/22565337.209>

Tejada, C., Villabona, O., & Osorio, L. (2019). *Estudio del efecto de la temperatura, concentración inicial de contaminante y dosis de adsorbente en la remoción de Níquel (II) usando residuos agroindustriales.* doi:<https://doi.org/10.15665/rp.v18i1.2071>

Tiwari, Soni, Yadav, J., Gaur, R., Singh, R., & Verma, T. (2022). *Multistep Structural and Chemical Evaluation of Sugarcane Baggase, Pretreated With Alkali for Enhancing the Enzymatic Saccharification by Cellulase and Xylanase of the Pseudomonas sp. CVB-10 (MK443365) and Bacillus paramycoïdes T4 (MN370035) Mix-Culture S.* doi:<https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.726010>

Vargas, J. J., Vera, G. V., & Suppé, N. A. (2019). *Caracterización química físico-química, microscópica de barrido y dispersión de rayos X del mucílago de cladodios de Opuntia ficus indica en la región alta de Tacna.* Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n3/a03v85n3.pdf>

Vargas, R. (2022). *Biosorción de Cromo (III) de aguas contaminadas utilizando Pennisetum clandestinum Hochst.* Cusco. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/7142>

Vargas, S., & Muthuswamy, J. (2022). *Composición química del mucílago de nopal en diferentes etapas de madurez.* Obtenido de <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i2.2726>

Vitela Rodríguez, A. V. (2011). *Remoción de arsénico por medio de carbón activado modificado con nanopartículas de hidro (óxidos) de hierro.* Obtenido de <https://ipicyt.repositoryinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/562/3/TMIPICYTV5R42011.pdf>

Xi, C., Wang, R., Rao, P., Zhang, W., Yan, L., Li, G., . . . Zhou, X. (2020). *The fabrication and arsenic removal performance of cellulose nanocrystal-containing absorbents based on the “bridge joint” effect of iron ions.* doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116129>

Yilong, L., Bin, W., Ping, N., Guangfei, Q., Junyan, L., Wang, X., & Xie, R. (2017). *Stabilization of arsenic in waste slag using FeCl₂ or FeCl₃ stabilizer.*

Zea, G. V. (2017). *Remoción de Arsénico (III) Y (V) de Soluciones Acuosas Mediante el Proceso de Biosorción Utilizando Cascarilla de Oryza Sativa (Arroz) Modificada con Dióxido de Manganeso. Obtenido de*

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/7033>

Zhao, X., Zhang, L., & Liu, D. (2008). *Comparative study on chemical pretreatment methods for improving enzymatic digestibility of crofton weed stem.*

doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.07.016>

8. APÉNDICE

Apéndice A. Resultados de las pruebas de adsorción

Nº de prueba	Nº de muestra	pH	T	D	Ci As	Cf As	q	%A
1	1112439	6.35			0.101			
2	1112440	6.5	70	0.55	0.101	0.054	0.09	46.53
3	1112441	6.5	70	0.55	0.101	0.05	0.09	50.50
4	1112442	6.5	70	0.55	0.101	0.049	0.09	51.49
5	1112443	6.5	70	0.55	0.101	0.055	0.08	45.54
6	1112444	6.5	70	0.55	0.101	0.042	0.11	58.42
7	1112445	6.5	70	0.55	0.101	0.05	0.09	50.50
8	1112446	6.5	70	0.55	0.101	0.021	0.15	79.21
9	1112447	6.5	70	0.55	0.101	0.022	0.14	78.22
10	1112448	6.5	70	0.55	0.101	0.025	0.14	75.25
11	1112449	5.5	100	0.1	0.101	0.047	0.54	53.47
12	1112450	5.5	100	1	0.101	0.012	0.089	88.12
13	1112451	5.5	100	0.1	0.101	0.041	0.600	59.41
14	1112452	5.5	100	1	0.101	0.017	0.084	83.17
15	1112453	5.5	100	0.1	0.101	0.048	0.530	52.48
16	1112454	5.5	100	1	0.101	0.017	0.084	83.17
17	1112455	5.5	40	0.1	0.101	0.072	0.290	28.71
18	1112456	5.5	40	1	0.101	0.035	0.066	65.35
19	1112457	5.5	40	0.1	0.101	0.082	0.190	18.81
20	1112458	5.5	40	1	0.101	0.037	0.064	63.37
21	1112459	5.5	40	0.1	0.101	0.071	0.300	29.70
22	1112460	5.5	40	1	0.101	0.033	0.068	67.33
23	1112461	7.5	40	1	0.101	0.046	0.055	54.46
24	1112462	7.5	40	0.1	0.101	0.085	0.160	15.84
25	1112463	7.5	40	1	0.101	0.067	0.034	33.66
26	1112464	7.5	40	0.1	0.101	0.088	0.130	12.87
27	1112465	7.5	40	1	0.101	0.067	0.034	33.66
28	1112466	7.5	40	0.1	0.101	0.098	0.030	2.97
29	1112467	7.5	100	1	0.101	0.016	0.085	84.16
30	1112468	7.5	100	0.1	0.101	0.07	0.310	30.69
31	1112469	7.5	100	1	0.101	0.012	0.089	88.12
32	1112470	7.5	100	0.1	0.101	0.074	0.270	26.73
33	1112471	7.5	100	1	0.101	0.019	0.082	81.19
34	1112472	7.5	100	0.1	0.101	0.074	0.270	26.73

9. ANEXOS

**ANEXO A: Límites Máximos Permisibles para parámetros de calidad organoléptica
y parámetros químicos inorgánicos y orgánicos**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE
CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	μmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Urano	mg U L ⁻¹	0,015

ANEXO B: Resultados de laboratorio GERESA



Gerencia Regional de
Salud Cusco

Dirección Ejecutiva de
Salud Ambiental

Dirección de Saneamiento
Ambiental



"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANIA NACIONAL"
"CUSCO CAPITAL HISTÓRICA DEL PERÚ"

Código Campo	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33
Centro Poblado	Huancayo Coracohuayco	Huancayo Coracohuayco	Huancayo Coracohuayco	Huancayo Bajo	Huancayo Bajo	Huancayo Bajo	Cata Cala	Cata Cala	Cata Cala
Punto de muestreo	Manantial Linchilla puquillo / Sector Cedyma Cuchimayo	Manantial Huchuy pampa / Sector Huancayo	Manantial Linchilla puquillo huancayo	Manantial Yucrapampa 01	Manantial Yucrapampa 02	Reservorio Huancayo Bajo	Manantial / Sector Sacapata	Manantial / Sector Arco puquillo	Manantial / Sector Arco puquillo / Sector Pallan Centro
Zona	19L	19L	19L	19L	19L	19L	19L	19L	19L
Este	254905	256944	258553	249857	249880	249972	245422	245532	245238
Norte	8346207	8346710	8347155	8360984	8360950	8360227	8339770	8339937	8340428
Altitud	4247	4049	4021	3902	3904	3932	4246	4212	4195
Fecha muestreo	26/11/2021	26/11/2021	26/11/2021	26/11/2021	26/11/2021	26/11/2021	27/11/2021	27/11/2021	27/11/2021
Horas	9:41	10:32	11:10	12:40	12:51	13:38	5:56	6:29	6:55
Aluminio (mg/L)	0.19	0.01	0.122	<0.004	<0.004	0.004	0.036	0.011	0.236
Antimonio (mg/L)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Arsenios (mg/L)	0.00142	0.00215	0.0134	0.07929	0.08218	0.07902	0.0004	0.00399	0.00041
Bario (mg/L)	0.005	0.03441	0.01333	0.01459	0.01421	0.01481	0.07394	0.06567	0.05808
Berilio (mg/L)	<0.00001	<0.00003	0.00003	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00011
Boro (mg/L)	0.0115	0.0181	0.0233	0.0678	0.1043	0.0836	0.019	0.023	0.0294
Cadmio (mg/L)	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Celato (mg/L)	0.000305	0.000035	0.000146	0.000017	0.000017	0.000017	0.001628	0.000358	0.000046
Cobre (mg/L)	0.0007	0.0008	0.0041	0.0015	0.0034	0.0018	0.0006	0.0011	0.0023
Críromo (mg/L)	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Hierro (mg/L)	0.66176	0.02787	0.31129	0.00533	0.00786	0.00620	0.80088	0.26305	0.08576
Litio (mg/L)	0.00007	0.00443	0.01203	0.05023	0.0566	0.06189	0.00042	0.00012	0.00051
Magnesio (mg/L)	1.665	4.448	3.088	4.299	4.582	5.254	0.859	1.822	0.901
Manganés (mg/L)	0.021172	0.005123	0.009544	0.028033	0.018765	0.006556	0.197723	0.082599	0.002963
Mercurio (mg/L)	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
Molibdeno (mg/L)	0.00066	0.00038	0.0002	0.00566	0.00496	0.00501	0.00006	<0.00005	0.00009
Níquel (mg/L)	0.00006	<0.00002	0.00013	0.00007	0.00007	0.00014	0.00023	0.0003	0.00007
Ptomo (mg/L)	0.0002	<0.0001	0.0007	<0.0001	<0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001
Selenio (mg/L)	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0049	0.0056	0.0049	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Sodio (mg/L)	3.588	8.082	8.479	12.717	19.628	17.412	4.583	5.674	4.098
Uranio (mg/L)	0.000073	0.000185	0.000032	0.00006	0.000062	0.000057	0.00005	0.00001	0.000099
Vanadio (mg/L)	0.00686	0.01271	0.01003	0.01999	0.02076	0.02311	0.00035	0.0002	0.00165
Zinc (mg/L)	0.00053	0.00129	0.00200	0.00153	0.00089	0.00124	0.00158	0.00149	0.00242
Conductividad (μS/cm)	124	209.1	144.1	256	308	284	62.4	109.4	66.4
TDS (mg/L)	57.7	58	67.2	120.5	145	133.8	28.8	50.8	30.7
Temp (°C)	12.3	14	17.4	13.5	13.8	13.9	10.1	9.2	11.5
pH	7.25	7.35	9.2	6.84	6.93	7.02	5.99	6.98	6.64
Turbiedad (NTU)	8.44	0.61	7.78	0.62	0.78	0.44	3.59	0.84	8.8
Dureza Total (mg/L)	63.8	97.6	67.6	90.1	112.7	112.7	45.1	45.1	22.5
Dureza Ca (mg/L)	56.3	75.3	46.8	80.7	84.5	86.4	28.2	33.8	16.9
Dureza Mg (mg/L)	7.5	22.5	20.7	9.4	26.2	26.3	16.9	11.3	5.6
Alcalinidad (mg/L)	58.8	85.7	60.5	63.9	77.3	77.3	26.9	47.1	28.6
Cloruro (mg/L)	16.4	35.2	16.4	16.7	19.9	17.6	14.1	21.1	14.1
Acidos (mg/L)	0	0	0	0.98	0.98	1.96	8.83	2.94	1.96
Cloro Residual (mg/L)	0
Determinación de Parásitos y Helmintos parasitos (A o P/L) N.M.P.	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Coliformes Totales /100ml	1.6x10 ³	130	1.8	<1.8	6.8	1	9.9x10 ³	3.5x10 ³	140
N.M.P. Coliformes Termotolerantes /100ml	3.4	79	<1.8	<1.8	6.8	<1	9.9x10 ³	130	<1.8

ANEXO C: Resultados de las pruebas de adsorción



Informe de Análisis 202170/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:34

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 202170-1/2024.0 - Id: 1112439 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:00	Fecha de Recepción: 06-04-2024 10:13
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGIAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,101 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:21

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torre
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 3778f5f1b1ea423e860d2315751814b3

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myfirmaweb.cloud.



Informe de Análisis 202177/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:34

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 821 888 789

Nº Muestra: 202177-1/2024.0 - Id: 1112440 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO		
Matriz: Agua de procesos		
Término de muestreo: 05-04-2024 15:05	Fecha de Recepción:	08-04-2024 10:15
Departamento: Cuzco	Provincia:	Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo:	LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo:	Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por:	El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto:	—

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados:

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,054 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:18

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado.

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 9a7bf7b5fac74a4298ab52853cb392e2

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206047/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 821 888 789

Nº Muestra: 206047-1/2024.0 - Id: 1112441 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:10	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:20
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.80 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,05 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C.	24-04-2024 19:05

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se reobliga.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 96671b2dc9514368b4140df6991deee4

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud



Informe de Análisis 206219/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206219-1/2024.0 - Id: 1112442 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:15	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:22
Departamento: Cusco	Provincia: Cusco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,049 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:24

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
*: Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: de1d8022928148ae94139650918af77f

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206239/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206239-1/2024.0 - Id: 1112443 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:20	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:25
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: --	Proyecto: --

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,055 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:31

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 1682f2ef24a542078ed5efef6c8336bf6

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206241/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 799

Nº Muestra: 206241-1/2024.0 - Id: 1112444 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:25	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:27
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,042 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:08

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
—: Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 94a7a34152964f8a9bb4e7919a4d269b

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud



Informe de Análisis 206243/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA.	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206243-1/2024.0 - Id: 1112445 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:30	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:30
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,05 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:08

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
*: Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente; los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 27632320b34245d49ceff6de19c572a6

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206268/2024.1

Este Informe de análisis cancela y sustituye el Informe 206268/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206268-1/2024.1 - Id: 1164997 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO

Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:35	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:29
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,021 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	17-04-2024 17:28

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: da6e972097c446ee8aeaa114f1475193

La validación de este documento puede ser realizada en: portalmymseo.cloud.



Informe de Análisis 206354/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206354-1/2024.0 - Id: 1112447 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:40	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:33
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Analisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,022 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:33

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
—: Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 4afad64e00814795864e0dbd86944005

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mytimeweb.cloud.



Informe de Análisis 206363/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente

Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA

Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru

Contacto: Martha Yupanqui Mamani

Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206363-1/2024.0 - Id: 1112448 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO

Matriz: Agua de procesos

Término de muestreo: 05-04-2024 15:45 Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:35

Departamento: Cuzco Provincia: Cuzco

Distrito: Cusco Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS

Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco Tipo de muestreo: Puntual

Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723 Muestreado por: El Cliente

Instrumento ambiental: — Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0.025 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:04

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres

Jefe de Laboratorio

CIP N° 209512

Código de Validación: b08e4f2246c7431e8ef942fac8db09b0

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206376/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206376-1/2024.0 - Id: 1112449 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:50	Fecha de Recepción: 09-04-2024 10:37
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E:179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,047 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:09

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
*: Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: ddca3d7227c9462d8c5abe8ee6eea312

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206377/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 18:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206377-1/2024.0 - Id: 1112450 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 15:55	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:40
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,012 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:24

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
": Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió. 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: c01417abe98f4da0875e322948972266

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mytlmsweb.com



Informe de Análisis 206378/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206378-1/2024.0 - Id: 1112451 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:00	Fecha de Recepción: 09-04-2024 10:43
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0.041 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:07

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
*: Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declarará exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió. 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 6f0956905933489f86bf5247d0dab921

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206382/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206382-1/2024.0 - Id: 1112452 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:05	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:45
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIOS DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 178605.00 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Analisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,017 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:33

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
*: Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 5c1ffa91e2a940a2a6d772ac0af20a0e

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206413/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:35

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206413-1/2024.0 - Id: 1112453 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO

Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:10	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:51
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD.	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,048 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:30

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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.

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: f9a546c64cf94e4aa3aa25676e880df9

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud



Informe de Análisis 206414/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206414-1/2024.0 - Id: 1112454 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:15	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:53
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,017 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:09

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Deteción.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
—: Parámetro Subcontratado.
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió. 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 8a0fe43650824c789d50896268900e17

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206827/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206827-1/2024.0 - Id: 1112455 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:20	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:48
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 178505.80 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos
Analisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,072 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:10

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
*: Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: d3aa5b66f1154e0eba9b3dfa85490477

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206834/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA.	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206834-1/2024.0 - Id: 1112456 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:25	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:53
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos
Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,035 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:21

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
*: Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió. 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: f04c6a0b8ac8404db4bc95896100f958

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206847/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206847-1/2024.0 - Id: 1112457 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO

Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:30	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:55
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,082 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:17

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 9aa5fcb7c9604d08883c7e6dcc1a9aac

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimewebs.cloud.



Informe de Análisis 206846/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206846-1/2024.0 - Id: 1112458 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 18:35	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:59
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos
Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,037 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 10:24

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
*: Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 4eBeadcc542f429d9389752a4980d70f

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206864/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206864-1/2024.0 - Id: 1112459 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:40	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:03
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503284.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,071 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:16

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
": Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 8d190994db4345c98eb4bf65018d7e7f

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206859/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206859-1/2024.0 - Id: 1112460 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO			
Matriz: Agua de procesos			
Término de muestreo: 06-04-2024 16:45		Fecha de Recepción:	08-04-2024 11:00
Departamento: Cuzco		Provincia:	Cuzco
Distrito: Cusco		Punto de muestreo:	LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco		Tipo de muestreo:	Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723		Muestreado por:	El Cliente
Instrumento ambiental: —		Proyecto:	—

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,033 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:17

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

—: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 0e55fd82f81d4cbfbfa7edf6989f46d47

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud



Informe de Análisis 206870/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:37

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206870-1/2024.0 - Id: 1112461 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:50	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:08
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,046 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:31

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
*: Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 042e30a6ae044cd6a8218c8b95d01a43

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimewebs.cloud.



Informe de Análisis 206868/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206868-1/2024.0 - Id: 1112462 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 16:55	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:06
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,085 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:19

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 4d73c8e3bd8044939dee0e6e3dff9517

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206882/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206882-1/2024.0 - Id: 1112463 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 17:00	Fecha de Recepción: 08-04-2024 10:15
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0.067 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:19

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Deteción.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
—: Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 12fc2ee4e59340159b0b713c4b9459e2

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweo.cloud.



Informe de Análisis 206890/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206890-1/2024.0 - Id: 1112464 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 17:05	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:12
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,088 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 18:06

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
*: Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: a980ddcae2f8471fa41f69feda4cc131

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud



Informe de Análisis 206895/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206895-1/2024.0 - Id: 1112465 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 17:10	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:18
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados				
-------------------------	--	--	--	--

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0.067 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:06

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
": Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió. 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: bc5d5621cbd54165bff364e365d4dff

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206896/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 821 888 789

Nº Muestra: 206896-1/2024.0 - Id: 1112466 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 17:15	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:21
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 178505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,098 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:29

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
*: Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió. 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: d1de09d22efb4702ba6edad283086e04

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206913/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206913-1/2024.0 - Id: 1112467 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 17:20	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:25
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 179505.80 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,018 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:18

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

": Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 5ba90c69947146c989688b78ec9442c2

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud



Informe de Análisis 206918/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente

Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA

Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru

Contacto: Martha Yupanqui Mamani

Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206918-1/2024.0 - Id: 1112468 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO

Matriz: Agua de procesos

Término de muestreo: 05-04-2024 17:25

Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:29

Departamento: Cuzco

Provincia: Cuzco

Distrito: Cusco

Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS

Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Tipo de muestreo: Puntual

Coordenadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723

Muestreado por: El Cliente

Instrumento ambiental: —

Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,07 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:32

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

": Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: fc58db64af5b44378f3e9a54b10dc3f8

La validación de este documento puede ser realizada en: porta.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206922/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206922-1/2024.0 - Id: 1112469 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO

Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 17:30	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:31
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,012 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:20

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

*: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 3fdb784cd90d46cbfaa3b9af1cc5d8b39

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweo.cloud



Informe de Análisis 206923/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206923-1/2024.0 - Id: 1112470 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 17:35	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:35
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos	
Análisis No Acreditados	

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,074 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:23

Notas	
ND: No determinado.	
LD: Límite de Detección.	
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.	
": Parámetro Subcontratado	
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.	
Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.	
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	

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: f9a448a499354882acfe43fa4f727e7d

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 206930/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 19:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA.	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206930-1/2024.0 - Id: 1112471 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO

Matriz:	Agua de procesos
Término de muestreo:	05-04-2024 17:40
Fecha de Recepción:	08-04-2024 11:39
Departamento:	Cuzco
Provincia:	Cuzco
Distrito:	Cusco
Punto de muestreo:	LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo:	Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco
Tipo de muestreo:	Puntual
Coordinadas:	E: 170505.80 ; N: 8503264.723
Muestreado por:	El Cliente
Instrumento ambiental:	—
Proyecto:	—

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,019 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:15

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

": Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 5530aec3b84f4edcb504ed8e0be692f9

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud/



Informe de Análisis 206931/2024.0

Cotización: C4185/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 24-04-2024 10:40

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 206931-1/2024.0 - Id: 1112472 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 05-04-2024 17:45	Fecha de Recepción: 08-04-2024 11:43
Departamento: Cuzco	Provincia: Cuzco
Distrito: Cusco	Punto de muestreo: LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS
Dirección de muestreo: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 179505.60 ; N: 8503264.723	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos				
Análisis No Acreditados				

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,074 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	24-04-2024 19:32

Notas				
ND: No determinado.				
LD: Límite de Detección.				
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.				
*: Parámetro Subcontratado				
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió. 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				

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 87eebbe4e63d402ba1c06bcd4aed0625

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.

ANEXO D: Resultados de la caracterización SEM-EDS



**SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS
S.A.C.**

**INFORME DE ENSAYO
IE-2024-0860**

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente	:	EVELYN QUISPE CRUZ
1.2 RUC o DNI	:	74985677
1.3 Dirección	:	AV. DE LA CULTURA 773, CUSCO

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto	:	BIOMASA
2.2 Muestreado por	:	CLIENTE (s)
2.3 Número de Muestras	:	01
2.4 Fecha de Recepción	:	2024-04-29
2.5 Periodo de Ensayo	:	2024-04-29 al 2024-05-28
2.6 Fecha de Emisión	:	2024-05-28
2.7 Fecha y Hora de Muestreo	:	2024-04-26 (s)
2.8 N° de cotización	:	COT-118960-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
<u>Caracterización de materiales por Microscopía Electrónica de Barrido - SEM-EDS</u>	Microscopía Electrónica de Barrido (SEM-EDS)

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: "M-01 / BIOMASA MODIFICADA DE UN CACTUS CON FECL₃" (s)


 DIEGO ROMANO VERGARAY PARRAGA
 QUÍMICO
 C.Q.P. 1337



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-0860

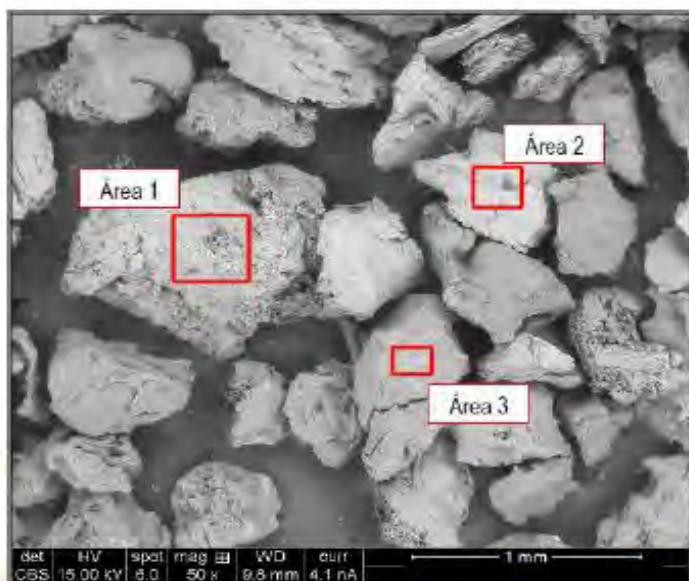
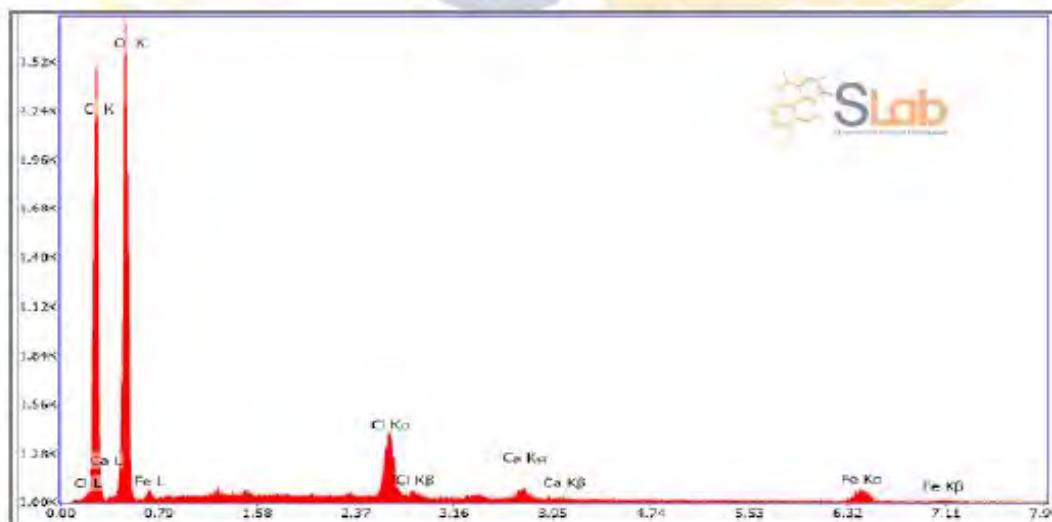
4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM-EDS)

Tabla N°1: RESULTADOS DE ANÁLISIS ELEMENTAL – EDS

Código de Laboratorio	Elemento	Contenido (%)					
		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6
S-1727	Carbono, C	45.21	43.41	46.48	44.51	46.10	47.55
	Oxígeno, O	45.14	45.74	49.41	41.02	40.66	39.13
	Cloro, Cl	4.03	6.32	2.14	8.26	6.91	4.81
	Calcio, Ca	1.15	1.64	-	2.15	1.91	1.34
	Hierro, Fe	4.47	2.89	1.97	3.12	3.71	7.17
	Magnesio, Mg	-	-	-	0.94	0.71	-

Comentarios:

- La muestra se ensayó como fue recibida del solicitante.
- Las fotos 1 y 2 representan las zonas analizadas en la muestra a 50 X y 500X.
- Las fotos de 3 a 6 representan imágenes de la distribución y morfología de las partículas a 40X, 50X Y 300X.
- Las gráficas 1 a 6 muestran los espectros en las zonas analizadas.
- La muestra analizada consiste principalmente de partículas de tamaños aproximadamente homogéneos de apariencia fibrosa y porosa de la composición química, que destaca la presencia de carbono (C) lo cual indica su naturaleza orgánica, con alto contenido de oxígeno, y presencia de hierro (Fe), cloro (Cl), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

INFORME DE ENSAYO IE-2024-0860

Foto N°1: Zona de análisis 1, 50X

Gráfico N°1: Espectro obtenido del análisis en el Área 1

INFORME DE ENSAYO IE-2024-0860

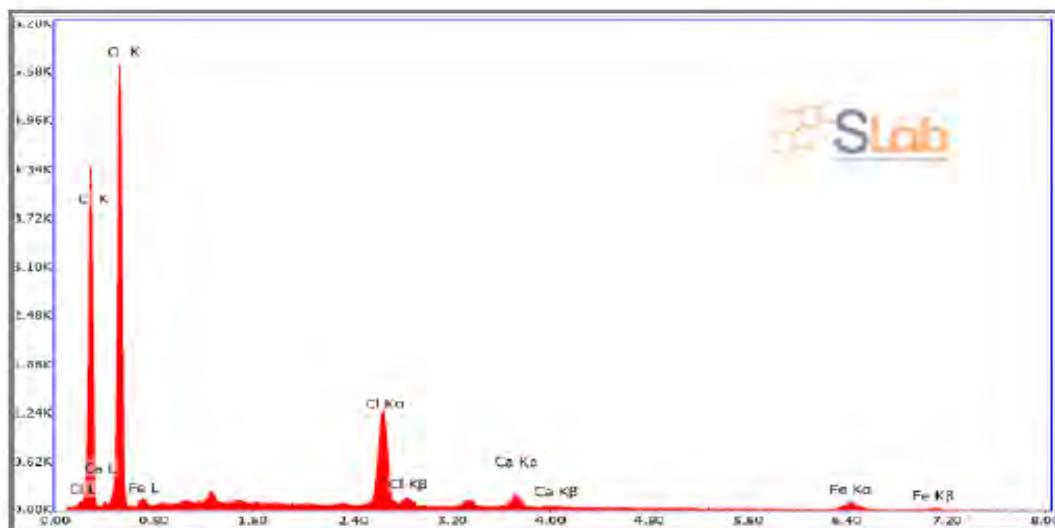


Gráfico N°2: Espectro obtenido del análisis en el Área 2

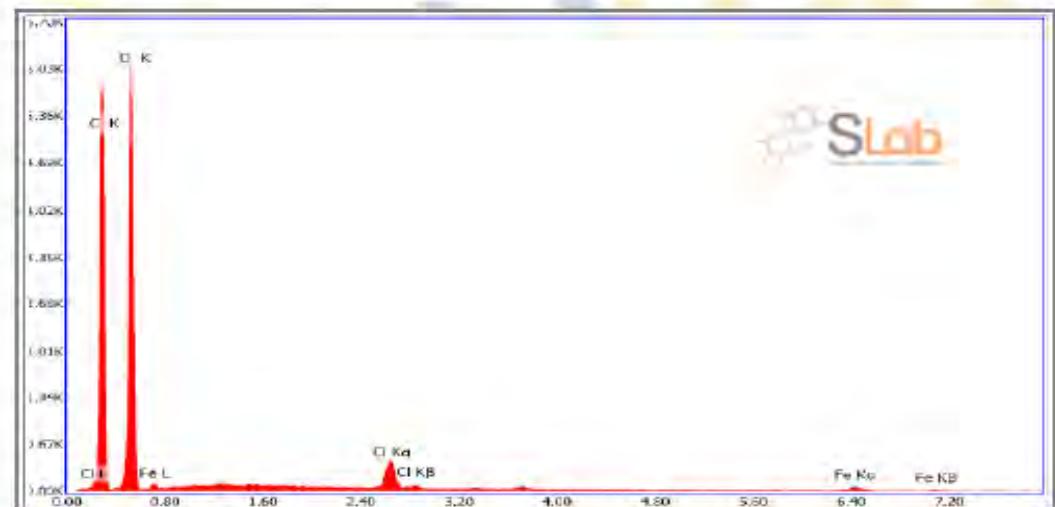


Gráfico N°3: Espectro obtenido del análisis en el Área 3

INFORME DE ENSAYO IE-2024-0860

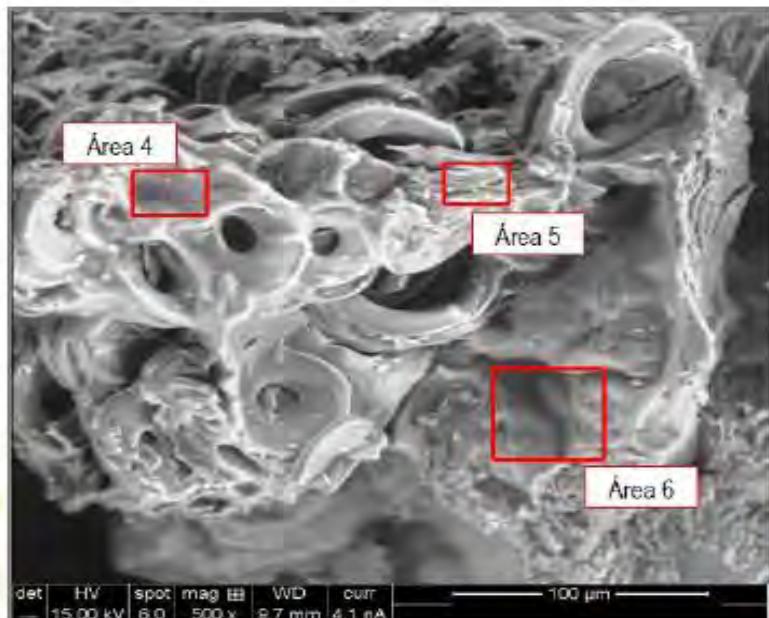


Foto N°2: Zona de análisis 2, 500X

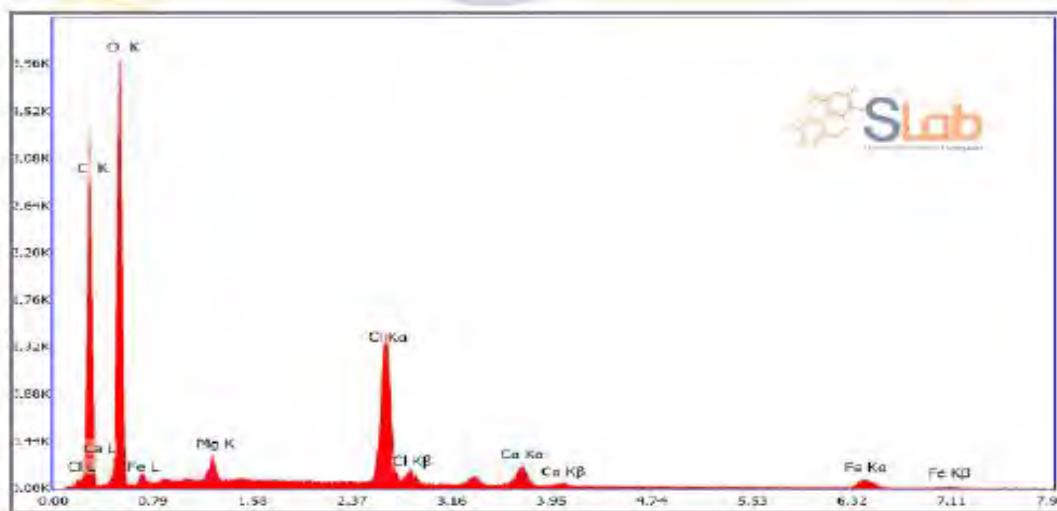


Gráfico N°4: Espectro obtenido del análisis en el Área 4



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-0860

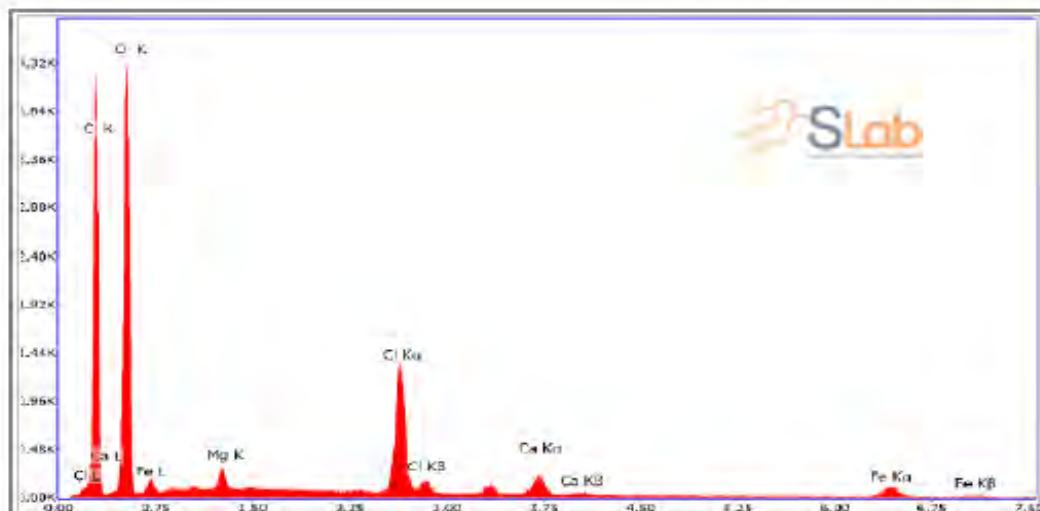


Gráfico N°5: Espectro obtenido del análisis en el Área 5

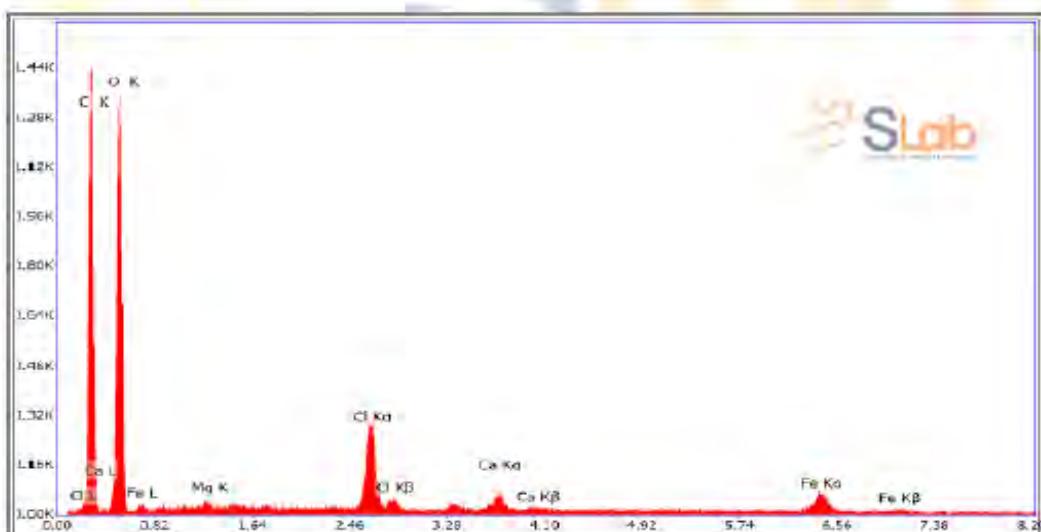


Gráfico N°6: Espectro obtenido del análisis en el Área 6

INFORME DE ENSAYO IE-2024-0860

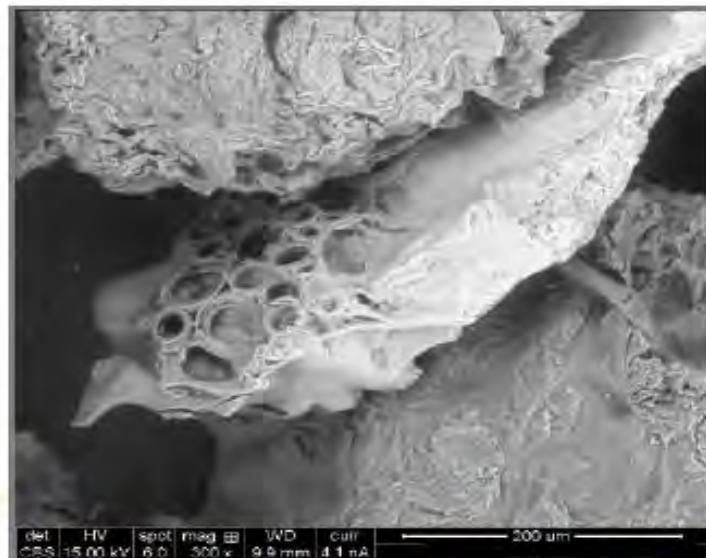


Foto N°3: Partículas de muestra, 300X

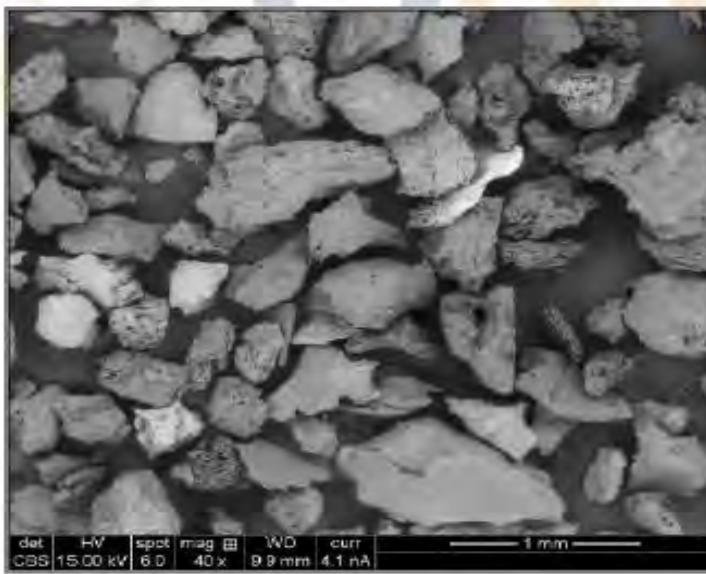


Foto N°4: Distribución de partículas, 40X

INFORME DE ENSAYO IE-2024-0860

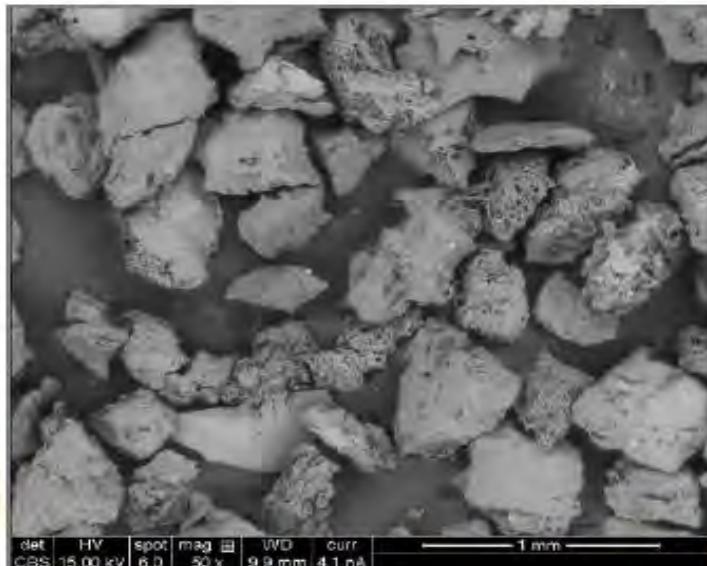


Foto N°5: Distribución de partículas, 50X

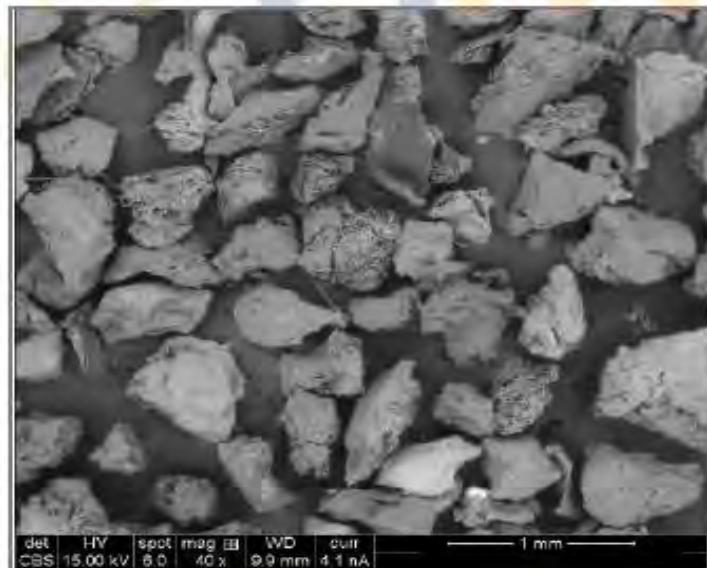


Foto N°6: Distribución de partículas, 40X



**SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS
S.A.C.**

INFORME DE ENSAYO IE-2024-0860

Leyenda

(*) Información suministrada por el cliente.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.



FIN DE DOCUMENTO

ANEXO E: Análisis fisicoquímico de la muestra de agua real



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



**UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA**

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0339-24-LAQ

SOLICITANTE : MARTHA YUPANQUI MAMANI
EVELYN QUISPE CRUZ

MUESTRA : AGUA
FUENTE : RED PUBLICA, COMUNIDAD HUANCANE BAJO
DISTRITO : ESPINAR
PROVINCIA : ESPINAR
REGION : CUSCO
FECHA : C/19/06/2024

ANALISIS FISICOQUIMICO:

	Agua de RED
Turbiedad NTU	0,62
pH	7,10
C.E. uS/cm	254,00
Dureza ppm CaCO ₃	175,50
Calcio ppm	54,72
Magnesio ppm	8,28
Cloruros ppm	19,30
Sulfatos ppm	91,17
Bicarbonatos ppm	90,70
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0,11
Sales Solubles Totales ppm	296,77

ANALISIS DEL AGUA , JEAN RODIER , 9º EDICION

Agua Apto para consumo Humano

Cusco, 26 de Junio 2024



ANEXO F: Resultados de las pruebas de adsorción en la muestra de agua real



Informe de Análisis 259938/2024.0

Cotización: C5927/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 07-05-2024 08:28

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 259938-1/2024.0 - Id: 1175821 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 26-04-2024 11:06	Fecha de Recepción: 29-04-2024 11:57
Departamento: Cuzco	Provincia: Espinar
Distrito: Yauri	Punto de muestreo: ESPINAR
Dirección de muestreo: Huancané Bajo - Espinar	Tipo de muestreo: Puntual
Coordenadas: E: 248996 ; N: 8360577	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,039 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	06-05-2024 16:27

Notas

ND: No determinado.
 LD: Límite de Deteción.
 SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
 *: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.
 Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
 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

Raquel Rosales Torres
 Jefe de Laboratorio
 CIP N° 209612

Código de Validación: 50954d563bc4011bc4688929fdda833

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 259925/2024.0

Cotización: C5927/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 07-05-2024 08:28

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 821 888 789

Nº Muestra: 259925-1/2024.0 - Id: 1175820 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 26-04-2024 11:19	Fecha de Recepción: 29-04-2024 11:55
Departamento: Cuzco	Provincia: Espinar
Distrito: Yauri	Punto de muestreo: ESPINAR
Dirección de muestreo: Huancané Bajo	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 252538 ; N: 8367504	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos				
Análisis No Acreditados				
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,006 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	06-05-2024 16:24

Notas
ND: No determinado.
LD: Límite de Detección.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.
*: Parámetro Subcontratado
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió 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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 8124a54340ea4a5cafefc10688af9d9d4

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 259918/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 07-05-2024 08:28

Identificación del Cliente						
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA						
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru						
Contacto: Martha Yupanqui Mamani				Teléfono: 921 888 789		
Nº Muestra: 259918-1/2024.0 - Id: 1112474 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO						
Matriz: Agua de procesos						
Término de muestreo: 26-04-2024 11:06			Fecha de Recepción: 29-04-2024 11:53			
Departamento: Cuzco			Provincia: Espinar			
Distrito: Yauri			Punto de muestreo: ESPINAR			
Dirección de muestreo: Huancané Bajo, Espinar			Tipo de muestreo: Puntual			
Coordenadas: E: 248898 ; N: 8360577			Muestreado por: El Cliente			
Instrumento ambiental: —			Proyecto: —			
Resultados Analíticos						
Análisis No Acreditados						
Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis		
Arsénico	0,021 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	06-05-2024 16:28		
Notas						
ND: No determinado. LD: Límite de Detección. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023. -: Parámetro Subcontratado						
Resultados válidos únicamente para la muestra analizada. Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió 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						

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: c8da4235c6764048be9fc56d01012541

La validación de este documento puede ser realizada en: portaf.myimsweb.cloud.



Informe de Análisis 259885/2024.0

Cotización: C4165/2024.1

(FAP-009-01)

Fecha Emisión Informe: 07-05-2024 08:28

Identificación del Cliente	
Cliente: YUPANQUI MAMANI MARTHA	
Dirección: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Cusco - Cusco - Peru	
Contacto: Martha Yupanqui Mamani	Teléfono: 921 888 789

Nº Muestra: 259885-1/2024.0 - Id: 1112473 - ANÁLISIS DE AGUA DE PROCESO	
Matriz: Agua de procesos	
Término de muestreo: 26-04-2024 11:19	Fecha de Recepción: 29-04-2024 11:51
Departamento: Cuzco	Provincia: Espinar
Distrito: Yaúri	Punto de muestreo: ESPINAR YAURI
Dirección de muestreo: Huancané Bajo, Espinar	Tipo de muestreo: Puntual
Coordinadas: E: 252538 ; N: 8367594	Muestreado por: El Cliente
Instrumento ambiental: —	Proyecto: —

Resultados Analíticos

Análisis No Acreditados

Parámetro	Resultado	LD	Referencia	Fecha y Hora Análisis
Arsénico	0,006 mg As/L	0,001 mg As/L	SM 3030 E, 3114 B y C	06-05-2024 16:27

Notas

ND: No determinado.

LD: Límite de Detección.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th. Edition 2023.

•: Parámetro Subcontratado

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Laboratorio Hidrolab S.A.C declara exención de responsabilidad cuando la información del muestreo es proporcionada por el cliente, los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

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

Raquel Rosales Torres
Jefe de Laboratorio
CIP N° 209612

Código de Validación: 5b870ae156da4216b618c2e508b80b03

La validación de este documento puede ser realizada en: portal.mylimsweb.cloud.