



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**ADSORCIÓN DE METALES As y Pb EN AGUAS DE POZOS
TUBULARES DEL CENTRO POBLADO VILLA ASUNCIÓN
ACCASO – PILCUYO CON CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DE
TALLOS DE QUINUA(*Chenopodium quinoa*)**

TESIS

PRESENTADA POR:

ASQUI CABRERA, NORKA ROSMERY

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**ADSORCIÓN DE METALES As y Pb EN A
GUAS DE POZOS TUBULARES DEL CENT
RO POBLADO VILLA ASUNCIÓN ,ACCAS
O**

AUTOR

Norka Rosmery Asqui Cabrera

RECuento DE PALABRAS

21896 Words

RECuento DE CARACTERES

114348 Characters

RECuento DE PÁGINAS

127 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.5MB

FECHA DE ENTREGA

May 4, 2023 1:45 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 4, 2023 1:47 PM GMT-5

● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)





DEDICATORIA

Dedico esta tesis a los futuros investigadores, estudiantes que tienen ese apetito de indagación; quienes forman un pilar fundamental para la adquisición de nuevos saberes y conocimientos, que permiten poseer el conocimiento respecto al mundo. Teniendo la investigación como uno de los intereses principales del ser humano desde la antigüedad.

También dedico esta tesis para aquellos quienes que no consideramos este trabajo como parte de un escalón previo solo por obligación; que al final siempre termina siendo un placer.

Norka Rosmery Asqui Cabrera



AGRADECIMIENTOS

Quiero por la presente agradecer a Dios por brindarme la oportunidad de culminar una etapa más de mi vida académica y guiarme a lo largo de mi existencia.

A mi esposo e hijos por su constante apoyo moral y alentador, del mismo modo a mis padres que contribuyeron incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno – Facultad de Ingeniería Química por la labor que ejerce al formar profesionales brindando la infraestructura y conocimientos adecuados por parte de la plana docente y administrativa que es que fundamental para desarrollo de futuros profesionales.

A mi director de tesis D. Sc. Nazario Villafuerte Prudencio por su sincera confianza, tiempo valioso y consejos pertinentes que me permitieron tomar las decisiones adecuadas para culminar este proyecto.

Para finalizar agradecer a todas las personas que de alguno u otro modo apoyaron con el logro de este objetivo.

Norka Rosmery Asqui Cabrera



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... 16

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 16

1.1.1. Problema general..... 16

1.1.2. Problemas específicos 16

1.3. JUSTIFICACIÓN 17

1.4. OBJETIVOS..... 18

1.4.1. Objetivo General 18

1.4.2. Objetivos Específicos 19

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO 20

2.1.1. Calidad de Agua..... 20

2.1.2. Parámetros de evaluación de la calidad de agua en el Perú 21

2.1.3. Recursos hídricos en el Perú 24



2.1.4. Arsénico (As)	25
2.1.5. Plomo (Pb)	27
2.1.6. Efectos del plomo.....	27
2.1.7. Quinoa	27
2.1.8. Características de la quinua (<i>Chenopodium Quinoa</i>).....	28
2.1.9. Tallos de quinua	30
2.1.10. Carbón activado	31
2.1.11. Estructura del carbón activado	32
2.1.12. Composición Química.....	33
2.2.11. Precursores	34
2.2.12. Métodos de activación del carbón activado	34
2.2.13. Activación Física.....	35
2.2.14. Activación Química	37
2.2.15. Aplicaciones	40
2.2.16. Adsorción	40
2.2.17. Isotermas de Adsorción.....	42
2.2.18. Modelos de cinética de adsorción	45
2.2.19. Azul de metileno	47
2.2. ANTECEDENTES.....	48

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	53
3.2. METODOLOGÍA DEL PLAN DE MONITOREO.....	54
3.2.1. Plan de monitoreo	54
3.2.2. Frecuencia de muestreo.....	54
3.2.3. Estaciones de muestreo	54



3.2.4. Elección de parámetros	56
3.3. EQUIPOS Y MATERIALES.....	56
3.3.1. Materiales	56
3.3.2. Reactivos	57
3.3.3. Indicadores	57
3.3.4. Equipos.....	57
3.4. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO 1.....	58
3.5. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO 2.....	63
3.6. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO 3 Y 4.....	64
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E INORGÁNICOS EN AGUAS DE POZOS TUBULARES DEL CENTRO POBLADO VILLA ASUNCIÓN ACCASO.	68
4.2. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 1	75
4.3. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 2	79
4.4. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 3 Y 4.....	81
V. CONCLUSIONES.....	95
VI. RECOMENDACIONES.....	96
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
ANEXOS.....	105

ÁREA: Tecnologías ambientales y recursos naturales.

TEMA: Absorción de As y Pb en agua de pozos tubulares.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 10 de mayo de 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Distribución geográfica de la producción mundial de quinua.	29
Figura 2	Taxonomía de la Quinua	30
Figura 3	Estructuras de placas graníticas.	32
Figura 4	Distribución del tamaño de poro.....	32
Figura 5	Tipos de Carbón activado según el tamaño de poros.....	33
Figura 6	Mapa Político El Collao - Ilave	53
Figura 7	Comparación de los resultados de pH de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1	69
Figura 8	Comparación de los resultados de Conductividad de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1.....	69
Figura 9	Comparación de los resultados de Dureza de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1	70
Figura 10	Comparación de los resultados de Cloruros de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría 1.....	71
Figura 11	Comparación de los resultados de Sulfatos de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1.....	71
Figura 12	Comparación de los resultados de Nitratos de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1.....	72
Figura 13	Comparación de los resultados de Sólidos totales de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1.....	73
Figura 14	Comparación de concentración de arsénico y plomo de la Categoría -A1 con respecto a la muestra integrada	75
Figura 15	Porcentaje de adsorción de azul de metileno frente al tiempo de adsorción	80
Figura 16	Isoterma de adsorción de Langmuir para el Plomo.	83



Figura 17 Isoterma de adsorción de Langmuir para el Arsénico.....	83
Figura 18 Isoterma de adsorción de Freundlich para el Plomo	86
Figura 19 Isoterma de adsorción de Freundlich para el Arsénico.....	86
Figura 20 Porcentaje de absorción de Arsénico con carbón activado obtenido de los tallos de quinua.	92
Figura 21 Porcentaje de absorción de Plomo con carbón activado obtenido de los tallos de quinua.....	94



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Procesos naturales importantes que afectan la calidad del agua.....	21
Tabla 2	Parámetros de la Categoría IA de ECA para agua – Inorgánicos.	22
Tabla 3	Parámetros Categoría III de ECA para agua - Inorgánicos.....	23
Tabla 4	Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos	24
Tabla 5	Distribución de los recursos hídricos en el Perú, 2016 (hm ³ / año)	25
Tabla 6	Estaciones de muestreo de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso.....	55
Tabla 7	Dosificación para el ácido fosfórico a diferentes concentraciones	61
Tabla 8	Características fisicoquímicas de aguas de pozos tubulares en el centro poblado Accaso.....	68
Tabla 9	Características inorgánicas de la muestra integrada - centro poblado Villa Asunción Accaso.	74
Tabla 10	Porcentaje de humedad en los tallos de quinua.	76
Tabla 11	Contenido de cenizas en los tallos de quinua.....	77
Tabla 12	Contenido de Material Volátil en los tallos de quinua.....	77
Tabla 13	Resumen de las características de la materia prima (%).....	78
Tabla 14	Condiciones de obtención de carbón activado a partir de los tallos de quinua	78
Tabla 15	Rendimiento de los carbones activados a diferentes concentraciones	78
Tabla 16	Lectura de adsorción de azul de metileno respecto al tiempo	79
Tabla 17	Porcentaje de adsorción de azul de metileno con respecto al tiempo	79
Tabla 18	Valores para el Isoterma de Langmuir – Plomo	82
Tabla 19	Valores para el Isoterma de Langmuir – Arsénico	82
Tabla 20	Valores para el Isoterma de Freundlich – Plomo.....	85



Tabla 21	Valores para el Isoterma de Freundlich – Arsénico.....	85
Tabla 22	Ecuación de adsorción Langmuir.....	87
Tabla 23	Ecuación de adsorción de Freundlich	87
Tabla 24	Resultados de laboratorio para muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso en fecha 16/02/2022.....	88
Tabla 25	Resultados de concentración inicial para muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso en fecha 21/04/2022.....	89
Tabla 26	Resultados concentración final luego de la adsorción para muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso.....	89
Tabla 27	Capacidad de adsorción de Arsénico frente a carbón activado.....	90
Tabla 28	Porcentaje de adsorción con carbón activado para el Arsénico.....	91
Tabla 29	Capacidad de adsorción de Plomo frente a carbón activado.....	93
Tabla 30	Porcentaje de adsorción con carbón activado para el Plomo.....	93



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ALA	: Autoridad Local del Agua.
ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental.
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).
INACAL	: Instituto Nacional de Calidad.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
IPC	: Plasma de acoplamiento inductivo.
LMP	: Límite Máximo Permisible.
MIDAGRI	: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
MINEDU	: Ministerio de Educación
MINSA	: Ministerio de Salud.
OES	: Espectrofotómetro de emisión óptico.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
UV	: Radiación ultravioleta.
WHO	: World Health Organization (Organización Mundial de la Salud).
WWAP	: World Water Assessment Programme (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídrico).



RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de monitoreo y evaluación de la calidad ambiental Facultad Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano. El centro poblado Villa Asunción Accaso, Pílcuyo - Puno carece del control de calidad en aguas, así como procesos que mitiguen sustancias tóxicas del mismo. Los objetivos específicos fueron: obtener carbón activado del tallo de quinua de esa zona, evaluar la calidad de los carbones obtenidos y finalmente evaluar la eficiencia de adsorción en As^{+3} y Pb^{+2} del mismo lugar. Utilizando la siguiente metodología se realizó una prueba piloto para identificar los contaminantes tóxicos, para la obtención de carbón activado se realizó por activación química con ácido fosfórico a tres concentraciones (36%, 40% y 48%), para la evaluación de los carbones se utilizó el método de adsorción de azul de metileno y para la evaluación de la eficiencia de adsorción se aplicó las isothermas de Langmuir y Freundlich trabajando con el método experimental longitudinal y estadística descriptiva para análisis de datos. Los resultados arrojaron metales contaminantes a niveles iniciales elevados en arsénico (0,015 mg/L – 0,1038 mg/L – 0,1368 mg/L) y en plomo (0,015 mg/L); luego se trabajó con agua artificial (8,29 mg/L) pues la muestra de experimentación carecía en plomo. El mejor carbón activado fue obtenido al 36% de concentración según la prueba de adsorción con azul de metileno (99 % de adsorción); para la eficiencia de adsorción se trabajó a una dosis de 1 g de carbón activado por 100 ml de muestra obteniendo disminución en arsénico de 0,1368 mg/L a 0,0098 mg/L (92,83%) y plomo de 8,29 mg/L a 0,26 mg/L (96,84 %). En conclusión, el carbón activado obtenido es eficiente adsorbiendo As y Pb; cumpliendo con los parámetros del ECA (< 0,01 mg/L) para el arsénico, establecido por el Ministerio del Ambiente.

Palabras clave: Agua de Pozos tubulares, carbón activado, adsorción de arsénico y plomo.



ABSTRACT

The research was carried out in the monitoring and environmental quality evaluation laboratories, Chemical Engineering Faculty of Altiplano National University. The town center Villa Asunción Accaso, Pilcuyo - Puno lacks water quality control, as well as processes that mitigate toxic substances from it. The specific objectives were: obtain activated carbon from the quinoa stem in that area, evaluate the coals quality obtained and finally evaluate the adsorption efficiency in As^{+3} and Pb^{+2} from the same place. Using the following methodology; a pilot test was carried out to identify toxic contaminants, to obtain activated carbon it was carried out by chemical activation with phosphoric acid at three concentrations (36%, 40% and 48%); for the coals evaluation, the methylene blue adsorption method was used and for the adsorption efficiency evaluation, the Langmuir and Freundlich isotherms were applied, working with the longitudinal experimental method and descriptive statistics for data analysis. The results showed contaminating metals at high initial levels in arsenic (0,015 mg/L – 0,1038 mg/L – 0,1368 mg/L) and lead (0,015 mg/L); later, artificial water (8,29 mg/L) was used, because the experimental sample lacked lead. The best activated carbon was obtained at 36% concentration according to the adsorption test with methylene blue (99% adsorption); for adsorption efficiency, a dose of 1 g of activated carbon per 100 ml of sample was used, obtaining a decrease in arsenic from 0.1368 mg/L to 0,0098 mg/L (92,83%) and lead of 8,29 mg/L to 0,26 mg/L (96,84%). In conclusion, the activated carbon obtained is efficient in adsorbing As and Pb; complying with the ECA parameters (<0,01 mg/L) for arsenic, established by Ministry of the Environment.

Keywords: Tube well water, activated carbon, arsenic and lead adsorption.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental en la vida de los seres vivos, gracias a su presencia los humanos podemos llevar a cabo diversos procesos biológicos, las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50 % de la población mundial y representan el 43 % de toda el agua utilizada para el riego; así mismo, a nivel mundial 2,500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua (WWAP et al., 2015).

En el artículo 31° de la Ley N° 28611 están definidos los estándares de calidad ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente y el D.S. N° 004-2007-MINAM así establece la última modificatoria de los ECA para agua y las disposiciones complementarias (Ley General del Ambiente, 2005)

Por otro lado, en el año 2011 el Ministerio de salud estableció bajo el D.S. N° 031-2010 reglamento de calidad del agua apta para consumo humano donde se define que el agua adecuada para consumo humano incluye todo uso doméstico habitual y la higiene personal (MINSA, 2011). Presentando los lineamientos de gestión de la calidad del agua para consumo y los límites máximos permisibles (LMP) de una serie de parámetros (MINSA, 2011).



1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Pese a la incorporación de la normativa peruana sobre calidad de agua durante estos últimos tiempos, en la actualidad existe deficiencia en estudios con relación a los metales pesados As y Pb en el centro poblado de Villa Asunción Accaso existiendo solo, disponibilidad hídrica subterránea de acuerdo al D.S. N° 022-2016-MINAGRI (Resolución Administrativa N° 165 – 2017 – ANA – ALA – ILAVE), es por ello que se requiere desarrollar un proyecto de investigación acerca de la adsorción de metales As y Pb de agua en pozos tubulares de dicho centro poblado con carbón activado de los tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general

¿Será eficiente la adsorción de arsénico y plomo mediante carbón activado obtenido de los tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*) en aguas de los pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Se podrá obtener carbón activado a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*) por activación química de ácido fosfórico (H_3PO_4)?
- ¿Cuál será la calidad de los carbones obtenidos a partir de los tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*) por el método de Adsorción de azul de metileno?
- ¿Cuál será la eficiencia de adsorción de arsénico (As) con carbón activado obtenido del tallo de quinua (*Chenopodium quinoa*) en aguas de pozos tubulares en el Centro Poblado Villa Asunción Accaso?
- ¿Cuál será la eficiencia de adsorción de plomo (Pb) con carbón activado obtenido del tallo de quinua (*Chenopodium quinoa*) en aguas de pozos tubulares en el Centro Poblado Villa Asunción Accaso?



1.3. JUSTIFICACIÓN

A raíz del incremento de la contaminación en los recursos hídricos en nuestra región y teniendo en cuenta los elevados índices de metales en los ríos de Puno según el reporte de la autoridad nacional del agua afectan a la salud de la población causando daños irreversibles (ANA, 2020). Teniendo en consideración como medio contaminado la presencia de concentraciones superiores a las que se tendría en forma natural causando perturbaciones en los ciclos biológicos, geológicos y químicos, del mismo modo superando la capacidad de adsorción en los ecosistemas (Aguirre, 2017).

Los metales As y Pb son considerados un problema para la salud, la presencia elevada de niveles significantes de arsénico en los suministros de agua potable es un problema importante y controvertido (Baird & Cann, 2014). Por otro lado, la exposición al plomo causa anemia, hipertensión, disfunción renal, inmunotoxicidad y toxicidad en órganos reproductores, llegando a causar efectos neurológicos y conductuales irreversibles (OMS, 2018).

Actualmente el empleo de sistemas biológicos para la eliminación de metales pesados a partir de disoluciones diluidas presenta un gran potencial, ya que pueden conseguir una mayor eficacia a un menor costo (Dhir & Kumar, 2010, como se citó en Aguirre, 2017). Teniendo a la adsorción como una técnica versátil de amplia utilización en el mercado para eliminar iones metálicos, se pretende desarrollar un proyecto de investigación acerca de la adsorción de metales As y Pb de agua en pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso con carbón activado de los tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*).

1.3.1. Justificación técnica

Es indicada por los valores máximos permisibles para consumo de agua de acuerdo al MINAM (clasificación del agua de consumo Categoría I – Aguas



superficiales destinadas a la producción de agua potable y Categoría III – Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales (MINAM, 2017) en metales As y Pb de pozos tubulares del centro poblado de Villa Asunción Accaso seleccionando el método más apropiado.

1.3.2. Justificación científica

Los resultados de este trabajo de investigación permitieron conocer científicamente la calidad del agua de consumo de la comunidad villa asunción Accaso.

1.3.3. Justificación social

El grupo de beneficiarios con los resultados obtenidos son la población del centro poblado de Villa Asunción Accaso, la posta médica de Accaso y los centros educativos pues no existe otro método de obtención de agua más que de pozos.

1.3.4. Justificación ambiental

El presente trabajo de investigación no modifico los pozos tubulares de agua en estudio con el fin de evaluar los impactos positivos y negativos que ocasionan el consumo de agua en el centro Poblado de Villa Asunción de Accaso.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Adsorber metales As y Pb en aguas de pozos tubulares del Centro Poblado de Villa Asunción Accaso Distrito de Pilcuyo, Provincia El Collao – Ilave, mediante carbón activado obtenido a partir de los tallos de quinua (*Chenopodium quinua*).



1.4.2. Objetivos Específicos

- Obtener carbón activado a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinua*) mediante activación química de ácido fosfórico (H_3PO_4).
- Evaluar la calidad de los carbones obtenidos a partir de los tallos de quinua (*Chenopodium quinua*) por el método de Adsorción de azul de metileno.
- Adsorber As mediante el carbón activado obtenido del tallo de quinua (*Chenopodium quinua*) de las aguas de pozos tubulares en el Centro Poblado Villa Asunción Accaso evaluando su eficiencia.
- Adsorber del Pb mediante el carbón activado obtenido del tallo de quinua (*Chenopodium quinua*) de las aguas de pozos tubulares en el Centro Poblado Villa Asunción Accaso evaluando su eficiencia.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Calidad de Agua

Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua (Diersing, 2009). Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito (Johnson et al., 1997). Utiliza un conjunto de normas para evaluar el cumplimiento de estándares comunes de calidad relacionándolos con la seguridad del contacto humano, salud, los ecosistemas y el agua potable.

La descripción y evaluación de la calidad de las aguas es una materia compleja, no exenta de controversias en cuanto a la capacidad de las diferentes metodologías para informar sobre el carácter cualitativo del recurso hídrico; el problema reside fundamentalmente en la definición que se adopte del concepto calidad del agua, para el que existen distintas interpretaciones (Ministerio de Ambiente, 2000).

La calidad del agua es afectada por un amplio rango de variables naturales y humanas entre las variables naturales más importantes se tiene las geológicas, hidrológicas y climáticas, las cuales afectan la cantidad y calidad del agua (Mendoza, 2018). Su influencia usualmente es mayor cuando la cantidad del agua disponible es baja y su uso máximo (Martínez, 2012). Además, el efecto de las actividades humanas varía en función de que estas interrumpen el uso del agua por los ecosistemas (Martínez, 2012). El comportamiento de contaminantes en ecosistemas acuáticos es complejo y puede implicar varios procesos fisicoquímicos, como adsorción-desorción, precipitación-solubilización,

filtración, consumo biológico, excreción y sedimentación resuspensión, los cuales pueden ocurrir de manera simultánea o consecutiva (Bartram & Ballence, 1996). En la tabla 1 se presentan los procesos que ocurren en los sistemas acuáticos (Bartram & Ballence, 1996).

Tabla 1 *Procesos naturales importantes que afectan la calidad del agua.*

Tipo de proceso	Proceso principal en el Cuerpo de agua	Cuerpo de agua
Hidrológico	Dilución	Todos los cuerpos de agua
	Evaporación	Agua superficial
	Percolación y lixiviación	Agua subterránea
	Suspensión y asentamiento	Agua superficial
Físico	Intercambio gaseoso con atmósfera	La mayoría de ríos y lagos
	Volatilización	La mayoría de ríos y lagos
	Adsorción/desorción	Todos los cuerpos de agua
	Calentamiento y/o enfriamiento	La mayoría de ríos y lagos
Químico	Difusión	Lagos y agua subterránea
	Foto degradación	Lagos y ríos
	Reacciones ácido-base	Todos los cuerpos de agua
	Reacciones redox	Todos los cuerpos de agua
	Disolución de Partículas	Todos los cuerpos de agua
	Precipitación de minerales	Todos los cuerpos de agua
Biológico	Intercambio iónico	Agua subterránea
	Producción primaria	Agua superficial
	Crecimiento y muerte de microorganismos	Todos los cuerpos de agua
	Descomposición de materia orgánica	La mayoría de ríos y lagos
	Bioacumulación	La mayoría de ríos y lagos
	Biomagnificación	La mayoría de ríos y lagos

Fuente: Bartram & Ballence (1996).

2.1.2. Parámetros de evaluación de la calidad de agua en el Perú

En el Perú se establece los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (MINAM, 2017) y los clasifican en cuatro categorías:

- Categoría I, la cual se subdivide en 1A (aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable) y 1B (aguas superficiales destinadas a la recreación).
- Categoría II, que se subdivide en C1 (extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeros), C2 (extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras), C3 (Otras actividades en aguas marino costeras) y C4 (extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas) (MINAM, 2017).
- Categoría III subdividida en D1 (cultivo de vegetales de tallo alto y bajo) y D2 (bebida de animales) (MINAM, 2017).
- Categoría IV, para conservación del ambiente acuático que se divide en E1 (lagunas y lagos) (MINAM, 2017).
- E2 (ríos) y E3 (ecosistemas marino costeros) (MINAM, 2017).

Tabla 2 *Parámetros de la Categoría IA de ECA para agua – Inorgánicos.*

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,05

Hierro	mg/L	0,3	1	5
Magnesio	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017).

Tabla 3 *Parámetros Categoría III de ECA para agua - Inorgánicos*

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
INORGÁNICOS				
Antimonio	mg/L		0,64	0,64
Arsénico	mg/L		0,15	0,15
Bario	mg/L		0,7	0,7
Cadmio Disuelto	mg/L		0,00025	0,00025
Cobre	mg/L		0,1	0,1
Cromo VI	mg/L		0,011	0,0110
Mercurio	mg/L		0,0001	0,0001
Níquel	mg/L		0,052	0,0520
Plomo	mg/L		0,0025	0,0025
Selenio	mg/L		0,005	0,005
Talio	mg/L		0,0008	0,0008
Zinc	mg/L		0,1200	0,1200

Fuente : Ministerio del Ambiente (2017).

El ministerio de Salud proporciona otros indicadores de calidad a través de su reglamento de calidad de agua para consumo humano (MINSA, 2011).

Tabla 4 Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Antimonio	mg/L	0,020
Arsénico	mg/L	0,010
Bario	mg/L	0,700
Boro	mg/L	1,500
Cadmio	mg/L	0,003
Cianuro	mg/L	0,070
Cloro	mg/L	5
Clorito	mg/L	0,700
Clorato	mg/L	0,700
Cromo total	mg/L	0,050
Flúor	mg/L	1,000
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,020
Nitratos	mg/L	50,00
		3,00 exposición
		corta
Nitritos	mg/L	0,20 exposición
		larga
Plomo	mg/L	0,010
Selenio	mg/L	0,010
Molibdeno	mg/L	0,070
Uranio		0,015

Fuente: Miniterio de Salud (2011)

2.1.3. Recursos hídricos en el Perú

Considerándose al agua como un recurso natural renovable indispensable para la vida, estratégico para el desarrollo sostenible y vulnerable, manteniendo los sistemas y los ciclos naturales donde se preserva y del mismo modo la seguridad de la Nación (Ley N° 29 338, 2009).

En el 2009 se creó el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (Ley N° 29 338); con el fin de gestionar el aprovechamiento sostenible, incremento y conservación de los recursos hídricos, así mismo el cumplimiento de estrategia nacional de recursos hídricos juntamente con el plan nacional de recursos hídricos en todos los niveles de gobierno y de la política.

Tabla 5 *Distribución de los recursos hídricos en el Perú, 2016 (hm³/año)*

Región hidrográfica	Superficie (km ²)	Superficie (%)	Población (hab.)	Población (%)	Recursos hídricos (hm ³ /año)	Recursos hídricos (%)
Pacífico	279,7	21,76	18 801 417	62,53	34 136	1,760
Amazonas	958,5	74,58	10 018 789	33,32	1 895 226	97,91
Titicaca	47,00	3,66	1 246 975	4,15	6259	0,320
Total	1285,2	100,00	30 067 181	100,0	1 935 621	100,0

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2016).

2.1.4. Arsénico (As)

Ubicado en el periodo 4, bloque “p” considerado un metaloide debido sus propiedades intermedias entre los no metales y los metales.

El arsénico (la mayoría procedente de fuentes naturales) es uno de los peligros ambientales para la salud más graves (Baird & Cann, 2014)..

La presencia elevada de niveles significantes de arsénico en los suministros de agua potable es un problema importante y controvertido (Baird & Cann, 2014). Aunque el arsénico se ha utilizado durante milenios como veneno, el mayor problema de salud derivado de su presencia a niveles bajos en el agua potable es el cáncer (Baird & Cann, 2014). Las aguas potables contaminadas por arsénico se han relacionado también con la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, quizás debido al hecho de que interrumpen el proceso hormonal asociado a ambas. Los niveles naturales de arsénico en el agua pueden ser bastante



altos, y es más común que los problemas de salud surjan de esta fuente que del arsénico antropogénico (Baird & Cann, 2014).

El envenenamiento por arsénico y su efecto sobre la salud humana es un problema grave en muchos países del mundo (Mohammad et al., 2014). La forma inorgánica de arsénico, especialmente la forma trivalente reducida, As^{+3} es un potente veneno para la salud humana (Michael, 2002). El acuífero profundo en muchos países del mundo se ha encontrado recientemente contaminado con arsénico, especialmente en forma de As^{+3} (P.L Smedly & D.G Kinniburgh, 2002) creando un alto perfil de problemas de salud pública en las áreas donde la gente depende principalmente del agua subterránea para beber (Mohammad et al., 2014).

La población más afectada en el Perú son las zonas rurales, que disponen de agua sin ningún tipo de tratamiento previo, desconociendo el riesgo al que se encuentran sometidos. Considerando además que, de esta población, los niños son más sensibles y son más afectados que los adultos a la toxicidad por arsénico, además de ser víctimas de la pobreza por problemas de desnutrición y precario saneamiento en las zonas rurales y pobres (Bundschuh et al., 2008).

La presencia del arsénico en el ambiente y en las fuentes de agua para consumo humano en el Perú se debe a factores naturales de origen geológico y actividades antropogénicas que involucran la explotación minera y refinación de metales por fundición (Bundschuh et al., 2008).

La presencia de arsénico en aguas superficiales y subterráneas es natural, y está asociada al volcanismo terciario y cuaternario desarrollado en la Cordillera de los Andes (Bundschuh et al., 2008).



2.1.5. Plomo (Pb)

El plomo está formado por una mezcla de varios isótopos estables, cada uno producido originalmente a partir de distintas series de desintegración radiactiva, con diferentes tiempos de desintegración. En consecuencia, la relación de los isótopos del plomo en una muestra dada depende del tipo de roca y del mineral de plomo o del suelo del que derivó el elemento, y también de la localización geográfica de la fuente (Baird & Cann, 2014).

2.1.6. Efectos del plomo

La mayor parte del plomo ingerido por los humanos se encuentra inicialmente presente en la sangre, pero esta cantidad acaba por estabilizarse. Cualquier exceso penetra en los tejidos blandos, incluyendo los órganos, particularmente el cerebro. En última instancia, el plomo queda depositado en los huesos, donde reemplaza al calcio, debido a que los iones de Pb^{2+} y Ca^{2+} son de tamaño similar. De hecho, la absorción de plomo por el organismo humano es mayor en personas que muestran una deficiencia en calcio (o en hierro), y en niños que en adultos. Un estudio realizado en México señaló que las mujeres embarazadas pueden hacer disminuir sus niveles de plomo en sangre y presumiblemente en la sangre del feto en desarrollo mediante la ingestión de suplementos de calcio (Baird & Cann, 2014).

2.1.7. Quinua

La quinua en el Perú

De acuerdo con la página oficial de noticias del Estado Peruano en la Oficina de Comunicaciones e imagen institucional el Perú es el principal exportador y productor mundial de quinua, superando nuevamente a su tradicional competidor Bolivia, según informo el ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2021).



En el Perú más de 68 mil de pequeños productores de zonas alto andinas se dedican específicamente al cultivo de la quinua poseen do está, una proteína que reúne los 10 aminoácidos esenciales para el funcionamiento adecuado del cuerpo humano (MIDAGRI, 2021). Este alimento reúne la mayoría de los nutrientes más valiosos a diferencia de otros alimentos, que albergan solo 3 y 6 compuestos necesarios para el crecimiento y el sistema defensivo del organismo (Estado Peruano, 2021).

Los reportes del MIDAGRI informan que las regiones más productoras de quinua son: Puno (44 %), Ayacucho (17,6 %), Apurímac (12,6 %), Arequipa (9,4 %), Cusco (4,7 %), Junín (3,9 %), Huancavelica (2,5 %), La Libertad (1,7 %), Cajamarca (1,3 %) y otros (2,3 %) (MIDAGRI, 2019)

En referencia a los registros del año 2019, la producción de quinua en el país es de 65,280 hectáreas de cultivos y con una producción de 89,775 toneladas, de la misma manera, se proyecta que el cierre del año 2020 la producción de quinua habría llegado a las 94,000 toneladas métricas (Estado Peruano, 2021).

En los primeros nueve meses del año 2020, las exportaciones de quinua llegaron a las 37,798 toneladas, sumando ventas por más de US\$ 94 millones (Estado Peruano, 2021).

2.1.8. Características de la quinua (*Chenopodium Quinoa*)

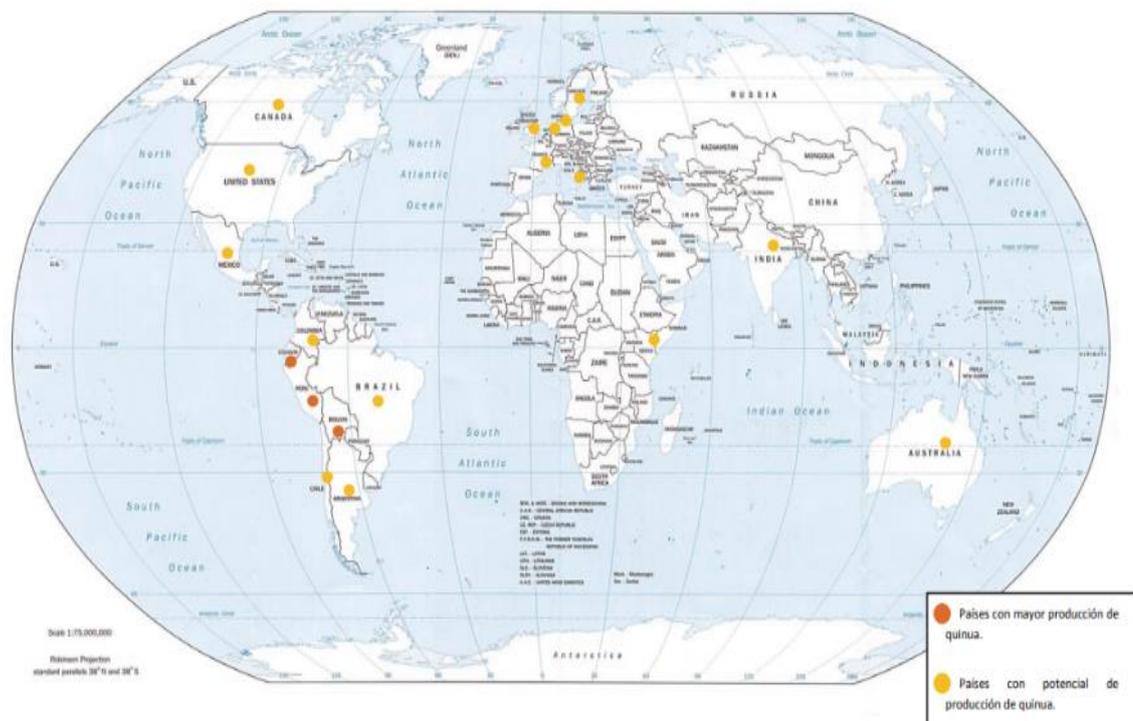
Su nombre científico es *Chenopodium Quinoa*, es un alimento de origen vegetal que goza de todos los aminoácidos esenciales a diferencia de otros alimentos de origen vegetal y del mismo modo no contiene gluten; los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en la cáscara, como el arroz o trigo (FAO, 2011).

En otras características, el cultivo de la quinua tiene una extraordinaria adaptabilidad a varios pisos agroecológicos pudiendo crecer con humedades entre 40 % hasta 88 % y soporta temperaturas desde 4 °C hasta 38 °C (FAO, 2011).

Es una planta eficiente en el uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm (FAO, 2011).

Geográficamente la producción de quinua se extiende desde los 5° latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43° latitud Sur en la décima región de Chile, y la distribución altitudinal se encuentra desde el nivel del mar en Chile hasta una altura de 4000 m.s.n.m y en el altiplano se comparten entre Perú y Bolivia, existiendo así, quinuas de costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano (Rojas, 1998).

Figura 1 Distribución geográfica de la producción mundial de quinua.



Fuente: Food and Agriculture Organization (2011)

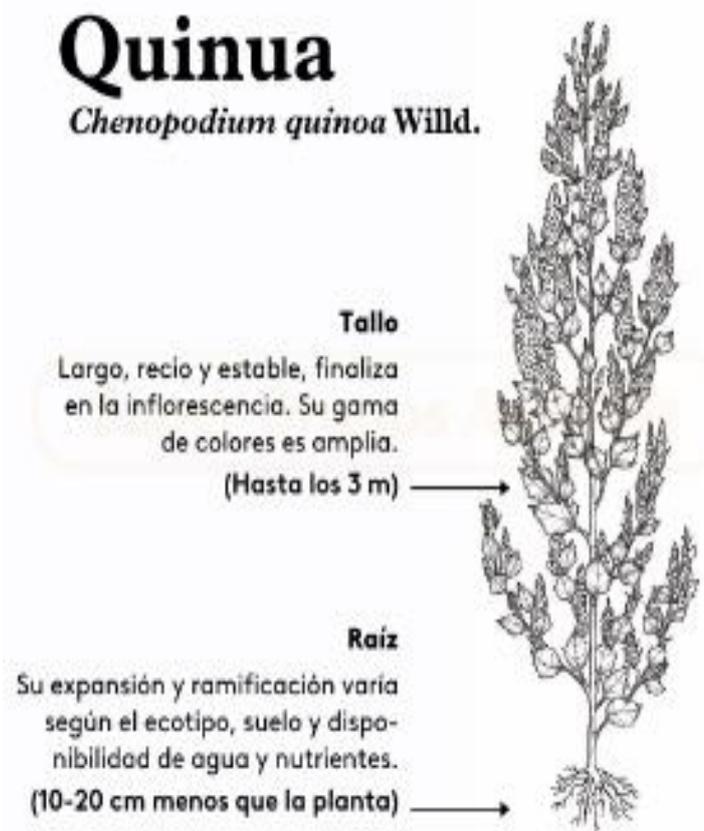
2.1.9. Tallos de quinua

Los tallos de quinua presentan una forma circular y larga, teniendo la corteza dura, mientras que su medula central es suave cuando los tallos se encuentran tiernos y esponjosa en época de maduración, además que son muy livianos.

Usualmente los tallos de quinua son retirados y desechados luego de la cosecha de quinua, algunos de ellos se reutilizan para alimentación del ganado especialmente porcino, pero otros simplemente se queman o botan; no teniendo otro mayor uso luego de la cosecha.

El tallo central comprende hojas lobuladas y quebradizas; puede tener o no ramas, dependiendo de la variedad y/o densidad del sembrado (NASAM, 2013).

Figura 2 Taxonomía de la Quinua



Fuente: Granos Andinos (2017)



2.1.10. Carbón activado

El carbón activo (carbón vegetal activo) es un sólido utilizado para la purificación de pequeñas moléculas orgánicas que están presentes a concentraciones bajas en el agua.

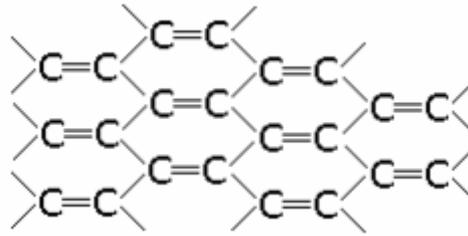
La capacidad de este material para eliminar contaminantes del agua y mejorar su sabor, color y olor se conoce desde hace mucho tiempo; de hecho, los antiguos egipcios utilizaban recipientes revestidos de carbón vegetal para almacenar el agua destinada al consumo (Baird & Cann, 2014).

El carbón activado, también llamado charcoal o activated coal, es una forma de carbón que se ha procesado para tener poros pequeños de bajo volumen que lo hacen extremadamente poroso aumentando su área de superficie disponible para adsorción o reacciones químicas (Carbon Solutions, 2022).

Denominado como una forma amorfa de carbón que es especialmente tratada para producir un alto desarrollo en la estructura porosa interna y una gran área superficial, produciendo así un costo económico y un excelente absorbente (Alhamed, 2006).

Este producto se obtiene a partir del carbón amorfo (sin forma), donde se somete a un tratamiento de activación con el fin de incrementar su área superficial formando poros internos y así alcanzar áreas entre 1200 -1500 m^2/g ; en el caso del carbón activo, estos se encuentran combinados en forma de placas graníticas, que pueden representarse de acuerdo a la siguiente figura (Bonifacio & Zegarra, 2019).

Figura 3 Estructuras de placas graníticas.



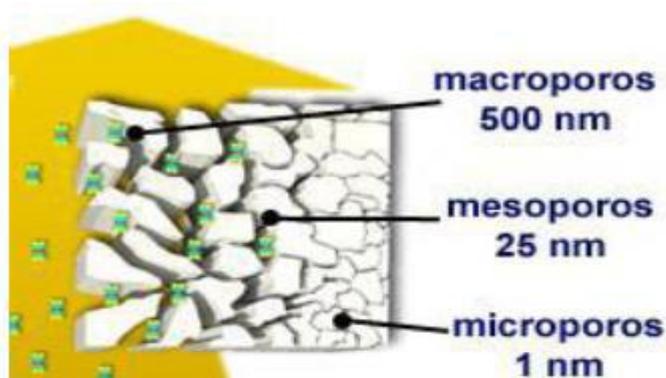
Fuente: Bonifacio & Zegarra (2019)

2.1.11. Estructura del carbón activado

Para comprender por qué el carbón activado es un medio filtrante tan útil en el empleo e incorporación de los procesos de descontaminación de líquidos y gases es preciso estudiar la composición y estructura del mismo, y es aquí donde tiene importancia el proceso de sorción que el carbón activado realiza (Navarrete et al., 2014).

El carbón activo posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito, esta estructura que presenta da lugar normalmente a una distribución de tamaño de poro bien determinada (Bonifacio & Zegarra, 2019). Distinguiendo tres tipos de poros de acuerdo a su radio, las cuales son las siguientes: Macro poros: ($r > 25$ nm), Meso poros: ($25 > r > 1$ nm) Micro poros: ($r < 1$ nm) (Bonifacio & Zegarra, 2019).

Figura 4 Distribución del tamaño de poro.



Fuente: Bonifacio & Zegarra (2019).

2.1.12. Composición Química

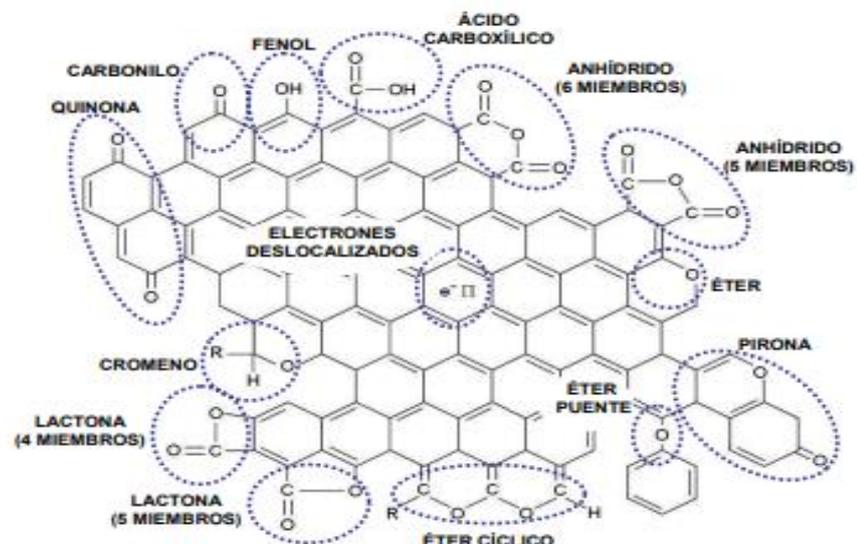
Los carbones activados poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas (Almestar et al., 2015).

La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80 % en carbono, 5-10 % en cenizas, 60 % en oxígeno y 0,5 % en hidrógeno (Bonifacio & Zegarra, 2019).

Las propiedades ácido-base como sus propiedades hidrofóbicas es caracterizado por el tipo de grupos funcionales superficiales; siendo los grupos oxigenados los más relevantes y abundantes en la superficie del carbón (Rodríguez, 1998).

Estos grupos se generan como resultado de la reacción química entre los centros activos del carbón con un agente oxidante presente en el medio de reacción; así la cantidad y naturaleza de estos grupos varía en función del grado de oxidación (Radovic et al., 1997).

Figura 5 Tipos de Carbón activado según el tamaño de poros.



Fuente: Navarrete et al. (2014)

2.2.11. Precursores

Para la elaboración de carbón activado se podría utilizar cualquier componente rico en carbono con características estructurales dependientes del material biológico que se escoge, esto es porque al prepararse carbón activado se abren los poros respetando la estructura inicial.

Diversos estudios existen en la preparación de carbón activado con diferentes materias, como cascara de coco, cascara de frutos secos, semillas, cascarilla de arroz, corteza de árboles, granos de café, aserrín entre otros. Aunque se han investigado diversos materiales lignocelulósicos, todavía es complicado preparar carbones activos con una distribución de tamaño de poros específica, usando precursores económicos cuya transformación se realice a temperaturas bajas y así reducir los costos de producción (Ioannidou & Zabaniotou, 2007).

2.2.12. Métodos de activación del carbón activado

El carbón activado es un material de gran versatilidad, ya que dependiendo del método de activación que se utilice para su síntesis se puede llegar a modificar y controlar el tamaño y distribución de sus poros y la naturaleza química de su superficie, características de gran relevancia a la hora de encontrar un carbón activado afín al adsorbato de interés (Gonzáles, 2017).

El proceso de activación tiene la finalidad de aumentar la superficie interna, el volumen de poro y microporos de los carbones (Youssef et al., 2005), aumentando la capacidad de adsorción del carbón activado (Azevedo et al., 2007). En función del agente activante empleado en el proceso, así como en el rendimiento que se obtiene, se pueden distinguir dos tipos de activaciones: física y química (Gonzáles, 2017).



2.2.13. Activación Física

Este proceso es también denominado conversión termoquímica del carbón activo, se realiza en dos pasos o también en un solo paso, donde ambas etapas proceden de forma paralela (González Navarrete, 2017). Estas etapas son la carbonización o pirólisis y la activación (Rincón et al., 2015).

El agente activante más común es el vapor de agua (Rincón et al., 2015). Aplicando una atmósfera inerte se realiza la carbonización o pirólisis, generalmente a temperaturas bajas entre 400 – 700 °C, utilizando habitualmente nitrógeno o helio y así romper las uniones entre los átomos de carbono (González, 2017). De este modo se deshidrata el material y se eliminan los compuestos más volátiles, aumentando así la proporción de átomos de carbono y formando una estructura carbonosa (González, 2017).

A razón de la energía dada durante la etapa de calentamiento, los micro cristales de grafito se reorganizan en la estructura recombiniéndose entre sí de manera irregular y uniéndose los anillos aromáticos para formar planos gráficos, donde se genera huecos intersticiales libres que se bloquean como consecuencia de la descomposición y deposición de alquitranes (González, 2017). Así es que, presenta muy baja capacidad adsorbente debido al bloqueo de poros con carbón desorganizado (Rodríguez Reinoso, "Retos Actuales en la Síntesis y Aplicación de Carbones Activados", 2009). Durante la etapa de carbonización, el disminuir la rampa de calentamiento aumenta el rendimiento para los materiales de celulosa, hemicelulosa y lignina debido a que se produce una deshidratación más completa del material (González, 2017).

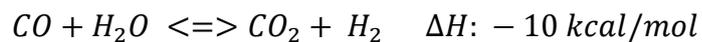
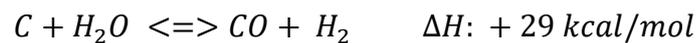
La etapa de activación puede ser un proceso totalmente independiente al de carbonización o llevarse a cabo en paralelo a esta, consiste en un tratamiento oxidante en altas temperaturas (800-1100 °C) en presencia de un agente oxidante



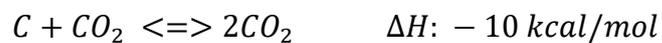
que reacciona con los átomos de carbono del carbonizado (González, 2017). Así se va produciendo un “quemado selectivo” que va perforando progresivamente al carbonizado, generando poros y aumentando el área superficial interna hasta transformarlo en un carbón activado (González, 2017).

Los agentes activantes que se suelen usar son: Oxígeno, aire, vapor de agua y CO₂, estos agentes dan lugar a las siguientes reacciones químicas donde se eliminan átomos de carbono produciendo así la porosidad (González Navarrete, 2017).

– Activación con H₂O :



– Activación con CO₂:



– Activación con O₂:



Cuando la activación es endotérmica con CO₂ y H₂O, trae consigo que el control del proceso en el horno se pueda realizar con cierta precisión; mientras que, el balance global de la activación con O₂ indica que la reacción en su conjunto es exotérmica, por lo que es más difícilmente controlable, no limitándose la oxidación a los poros, sino que también se ve afectada la propia superficie de los



granos, produciéndose una excesiva pérdida de masa, además de un producto poco uniforme, por ello, este último método raramente se utiliza (González, 2017).

Las características del carbón resultante están fuertemente influenciadas por el grado de activación, por la naturaleza del agente activante y por el tiempo y temperatura de activación (L.K. Mui et al., 2004). Dependiendo del tiempo y temperatura del proceso el régimen de control de la reacción de activación puede ser químico o difusional, durante el régimen químico se produce un mayor quemado de la superficie externa del material, debido a que en el interior de la partícula hay una menor concentración de agente gasificante, pues no da tiempo a que los gases difundan por el interior del material (Rodríguez et al., 2000).

2.2.14. Activación Química

La activación química consiste en la reacción entre el sólido precursor de carbón activado y el agente químico activante, en donde la concentración de los reactivos, la temperatura y el tiempo de activación determinan la extensión de la reacción (Molina & Rodríguez, 2004).

Es un proceso que transcurre generalmente en dos etapas; la primera etapa consiste en una impregnación química del material precursor con una disolución concentrada de un agente químico activante y la segunda etapa consiste en someter a la mezcla resultante a un proceso pirolítico, en el cual se produce simultáneamente la carbonización y la activación del material (Molina et al., 1995).

El agente químico activante altera el curso de la pirolisis, promueve la deshidratación del material con el aumento de la temperatura, induciendo a la aromatización del carbón (González, 2017).

El material adopta estructura tridimensional rígida en la que comienza a formarse una porosidad incipiente, al deshidratarse el material precursor se



generan menos alquitrans durante el proceso de pirolisis y el rango de temperaturas empleado es inferior al empleado en los procesos de activación física, pudiendo variar entre 400 y 900 °C, el carbón activado obtenido se lava para eliminar restos del agente activante, por lo que la porosidad resulta accesible (González, 2017).

De los agentes químicos utilizados para el proceso de activación química (ZnCl_2 , H_3PO_4 , AlCl_3 , MgCl_2 , KOH , NaOH , etc.), los más empleados son ZnCl_2 , H_3PO_4 y KOH . Los dos primeros son agentes deshidratantes que producen un hinchamiento de las partículas durante el proceso de impregnación, ya que la degradación de la celulosa y la lignina está catalizada por ácidos (González, 2017). Esto supone una disminución de la resistencia mecánica del precursor, aunque los tres agentes químicos producen un gran desarrollo de la microporosidad, existe una diferencia entre ellos: el agente KOH produce un ensanchamiento del tamaño de los microporos, el agente ZnCl_2 una produce una microporosidad de tamaño uniforme y genera un pequeño desarrollo de la meso porosidad, y el agente H_3PO_4 conduce a una distribución de tamaño de poros más heterogénea (Molina & Rodríguez, 2004).

La deshidratación del precursor produce una disminución del tamaño de la matriz (González, 2017). Esta reducción está parcialmente inhibida en el caso utilizar ácidos de Lewis como agentes activantes (por ejemplo, ZnCl_2), ya que durante el tratamiento térmico se produce una entrada de los mismos en la matriz, actuando como molde o plantilla para la creación de microporosidad (Molina & Rodríguez, 2004).

El H_3PO_4 se emplea comúnmente para activar químicamente residuos orgánicos; durante el proceso de impregnación se produce un aumento de la elasticidad de las partículas debido a que el ácido separa las fibras celulósicas,



produciendo una despolimerización parcial de la hemicelulosa y la lignina, que conduce a un hinchamiento de la partícula y a una disminución de la resistencia mecánica del precursor (Molina & Rodríguez, 2004). Durante el proceso de impregnación comienza la conversión del material en carbón, ya que aparecen alquitranes en la superficie de la partícula, resultado de la despolimerización y deshidratación de la celulosa, seguido de la condensación de productos aromáticos; se forman puentes de fosfato y polifosfato que conectan los fragmentos del biopolímero (Jagtoyen & Derbyshire, 1998)

Según Lillo Ródenas et al., (2003) “Las ventajas que presenta la activación química frente a la activación física podemos citar las siguientes:

- Requiere menores temperaturas de pirólisis.
- Se realiza en una etapa.
- El rendimiento del carbón activado obtenido es mayor que el obtenido mediante activación física.
- Se puede desarrollar bien la microporosidad, pudiéndose controlar y mantener estrecha si se desea.
- Se produce un importante descenso en el contenido mineral de la muestra.
- Permite obtener CA de superficie específica muy elevada”.

Según Hsisheng Teng & Hung-chi Lin, (2004) “Entre las desventajas que presenta podemos citar las siguientes:

- Requerimiento de una etapa de lavado.
- El proceso es corrosivo”.



2.2.15. Aplicaciones

Los carbones activados son excelentes adsorbentes y versátiles, sus aplicaciones más importantes están referidas a su uso en la remoción, por adsorción, del color, olor, sabor, y otras impurezas orgánicas e inorgánicas no deseadas en el agua potable; en el tratamiento de suelo urbano y aguas residuales industriales; en recuperación de solventes; purificación del aire en espacios habitados, lugares de procesamiento de alimentos y la industria química, para la eliminación del color de diversos tipos de jarabes, aceites y grasas, en la purificación de muchos productos químicos, farmacéuticos y alimentos, así como en los respiradores para trabajar en ambientes hostiles, entre otras aplicaciones en fase gaseosa (Manrique, 2013).

Por otro lado, en el campo de la hidrometalurgia están siendo cada vez más utilizados para la recuperación de oro, plata, y compuestos inorgánicos, así como catalizador y/o soporte de catalizadores; su uso en medicina y salud está referido a combatir ciertos tipos de enfermedades bacterianas y para la eliminación de ciertas toxinas en intoxicaciones y envenenamientos (Manrique, 2013).

2.2.16. Adsorción

Adsorción es el enriquecimiento del adsorbato (gas o líquido) en la superficie de un adsorbente, en la que queda retenido y surge como resultado de la instauración y el desbalance de las fuerzas moleculares presentes en la superficie sólida; siendo la desorción un fenómeno inverso a este (Manrique, 2013).

Al inicio de la adsorción la atracción es mayor, ya que toda la superficie se encuentra disponible, conforme se va dando este fenómeno disminuye la superficie sólida libre y decrece la velocidad de adsorción mientras aumenta la



velocidad de desorción hasta alcanzar el equilibrio (cuando ambas velocidades son iguales) (Paredes, 2011).

La adsorción comprende dos tipos de fuerzas: las fuerzas físicas que pueden ser momentos dipolo, fuerzas de polarización, fuerzas de dispersión, o interacciones repulsivas de corto alcance; y las fuerzas químicas que son fuerzas de valencia derivadas de la redistribución de los electrones entre la superficie sólida y los átomos adsorbidos, considerando estas fuerzas la adsorción puede clasificarse como física o química (Chand & Goyal, 2005).

En el caso de la fisisorción, el adsorbato se une a la superficie por fuerzas de van der Waals relativamente débiles (Chand & Goyal, 2005).

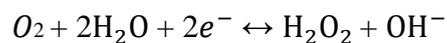
Por otro lado la quimisorción implica compartir o intercambiar electrones entre las moléculas de adsorbato y la superficie del adsorbente, presentando verdaderos enlaces químicos (Chand & Goyal, 2005) siendo por lo tanto mucho más fuerte que en la fisisorción, su entalpía de adsorción se encuentra entre 40 y 400 kJ/mol, y el incremento en la temperatura es favorable, puesto que es un proceso irreversible, se lleva a cabo en puntos específicos de la superficie en una monocapa, y pueden darse reacciones superficiales (disociación, catálisis, reconstrucción, etc.), el adsorbato cambia su estructura química respecto al precursor (Barrow, 2002).

El proceso de adsorción tiene tres etapas, la primera cuando ocurre la difusión externa, en la cual el adsorbato se aproxima a la superficie externa del sólido, venciendo la resistencia de la interface sólido-fluido, la segunda etapa toma lugar la difusión interna, debido a que la superficie externa tiende a ser menor al 1 % del total, por ende, el 33 adsorbato migra a través de la red porosa

del sólido para finalmente producirse la adsorción en la tercera etapa (Sepúlveda & Bustamante, 2008).

2.2.17. Isotermas de Adsorción

Muchos investigadores tienen hipótesis avanzadas que explican el mecanismo de adsorción, la teoría electroquímica propuesta por Frumkin's, donde el O_2 en contacto con una suspensión acuosa de carbón es reducida al ion hidroxilo (OH^-) con liberación de H_2O_2 (Yampasi, 2017).



Desde que los electrones son abastecidos por el carbón el cual adquiere una carga positiva y para mantener la neutralidad eléctrica adsorbe aniones de preferencia, de acuerdo a esto el carbón es usualmente un adsorbente muy pobre de cationes pequeños tal como el Ni^{+2} , también para pequeños aniones semejantes al Cl^- y también para especies orgánicas cargadas, luego cuando cantidades considerables de complejos inorgánicos cargados negativamente son adsorbidos sobre el carbón de soluciones acuosas; como la adsorción de $Au(Cl)_4^-$, $Au(CN)_4^-$ y $Ni(CN)_4^{2-}$ sobre el carbón (Yampasi, 2017).

Isoterma de Langmuir

Siendo una de las ecuaciones más conocida y la primera teóricamente desarrollada por el científico norteamericano I. Langmuir (1918) deriva esta ecuación basada en suposiciones de una superficie lisa y homogénea, en la cual cada entidad (átomos, moléculas o iones) está adsorbida en sitios localizados que tienen capacidad para una y sólo una entidad; así mismo, el estado de energía de cada entidad adsorbida es la misma en todos los sitios de la superficie, independiente de la presencia o ausencia de otras entidades adsorbidas en sitios vecinos (Manrique, 2013).



Este modelo se admite generalmente para la quimisorción y para la adsorción física a presiones bajas y temperaturas moderadamente altas, de gases en carbones micro porosos (Bansal, 2002, como citó en Manrique Pino, 2013).

Con la ecuación general siguiente:

$$\frac{x}{m} = \frac{Vm \times KCe}{1 + KCe}$$

La forma lineal ($y=mx +b$) puede ser escrita como:

$$\frac{Ce}{\frac{x}{m}} = \frac{1}{Vm} \times Ce + \frac{1}{KVm}$$

ó

$$\frac{1}{\frac{x}{m}} = \frac{1}{KVm} \times \frac{1}{Ce} + \frac{1}{Vm}$$

En donde:

- x/m : Cantidad adsorbida por unidad de masa de adsorbente (mg/g).
 Ce : Concentración de equilibrio del contaminante en la solución luego de la adsorción (mg/L) (Bansal, 2002, como se citó en Manrique Pino, 2013).

Por medio de la gráfica se obtiene el término K y Vm

En donde:

- K : Representa la constante de equilibrio (L/mg)
 Vm : Representa la cantidad máxima que puede ser adsorbida (mg/g), este valor corresponde a la formación de una monocapa sobre la superficie del adsorbente, puede ser usado para calcular el área superficial del adsorbente (Bansal, 2005, como se citó en Manrique Pino, 2013).



Isoterma de Freundlich

La isoterma desarrollada por Freundlich (1939) describe el equilibrio en una superficie heterogénea y no asume la adsorción en monocapa (Mohan, 2006). Es una limitante de la isoterma de Langmuir, aplicable solo en rangos intermedios de presiones de vapor; este modelo es de significancia para la quimisorción, aunque también ha sido usada para explicar la fisorción (Bansal, 2005, como se citó en Manrique Pino, 2013).

Su ecuación general corresponde a:

$$\frac{x}{m} = K_f C_e^{1/n}$$

La forma lineal ($y = mx + b$) de la ecuación de Freundlich puede ser escrita como:

$$\ln \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \ln C_e + \ln K_f$$

En donde:

K_f y n : constantes empíricas, relacionadas con la capacidad de adsorción máxima y la intensidad de adsorción (Bansal, 2005, como se citó en Manrique Pino, 2013).

n : representa el parámetro que caracteriza la heterogeneidad energética cuasi-gaussiana de la superficie de adsorción (Bansal, 2005, como se citó en Manrique Pino, 2013).

Por medio de la gráfica de $\ln x/m$ versus $\ln C_e$ se obtienen los términos K_f y n (Bansal, 2005, como se citó en Manrique Pino, 2013).

2.2.18. Modelos de cinética de adsorción

Ecuación de pseudo - primer orden

La ecuación de pseudo primer orden expresado de la siguiente manera:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t)$$

Donde:

q_e y q_t : Capacidad de adsorción en equilibrio en el tiempo (t),
respectivamente (mg/g)

k_1 : Constante de velocidad de adsorción de pseudo primer
orden (L/min)

Luego de la integración, se aplica las condiciones de contorno: $t = 0$ a $q_t = 0$ y $t = t$ a $q_t = q_t$, la forma integrada de la ecuación se convierte:

$$q_t = q_e(1 - e^{-k_1 t})$$

Ecuación de pseudo - segundo orden

La ecuación de pseudo segundo orden expresada de la siguiente manera:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2$$

Donde:

q_e y q_t : Capacidad de adsorción en equilibrio y el tiempo t,
respectivamente (mg/g) (Aguirre, 2017).

k_2 : Constante de velocidad de adsorción de pseudo segundo
orden (L/min) (Aguirre, 2017).

Para las condiciones de contorno: $t = 0$ a $q_t = 0$ y $t = t$ a $q_t = q_t$, la
forma integrada de la ecuación se convierte (Aguirre, 2017):



$$q_t = \frac{t}{\frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}}$$

La ecuación puede arreglarse a:

$$q_t = \frac{t}{\frac{1}{h} + \frac{t}{q_e}}$$

Donde:

h: Velocidad inicial de adsorción (mg/g.min).

Ecuación de Elovich

La ecuación de Elovich generalmente es expresado como (Chien & Clayton, 1980):

$$\frac{dq_t}{dt} = \alpha e^{-\beta q_t}$$

Donde:

q_t : Capacidad de adsorción en el tiempo t (mg/g).

α : Velocidad inicial de adsorción (mg/g.min)

β : Constante de desorción durante varios experimentos (g/mg).

Según Chien y Clayton, (1980), “simplificaron la ecuación Elovich asumiendo $\alpha\beta t \gg t$ y aplicando las condiciones: $t = 0$ a $q_t = 0$ y $t = t$ a $q_t = q_t$ ”, convirtiéndose:

$$R = k_{id}(t)^a$$

Donde:

R : Porcentaje adsorbido del ion metálico

t : Tiempo de contacto(h)

a : Descriptor del mecanismo de adsorción

k_{id} : Constante de velocidad de difusión intraarticular (h⁻¹)

La forma linealizada de la ecuación anterior es la siguiente:



$$\log R = a \log(t) + \log k_{id}$$

Modelo reversible de primer orden

El modelo reversible de primer orden es expresado como:

$$\ln(1 - \theta) = -k_e t$$

Donde:

θ : Fracción de la capacidad de adsorción ($Y/Y_{\text{máx}}$) en un tiempo t

K_e : Constante cinética global de equilibrio (min^{-1})

t : Tiempo de contacto (min).

2.2.19. Azul de metileno

También conocido como cloruro de metiltioninio es un indicador sencillo breve para determinar carbones activos frente a grandes moléculas (Navarrete, Quijano, & Vélez, 2014).

El azul de metileno se sintetizó originalmente en 1876 como un tinte a base de anilina para la industria textil, pero científicos como Robert Koch y Paul Ehrlich se dieron cuenta rápidamente de su potencial para usarlo como tinción en microscopía (Berneth, 2008).



2.2. ANTECEDENTES

INEI (2020) informa que en la región Puno, en el sector rural, solo el 28,4% de la población tiene acceso a agua potable procedente de la red pública, mientras que el 71,6% no tiene acceso. Por lo tanto, es necesario implementar políticas y lineamientos a nivel local, regional y nacional para asegurar el acceso a agua potable a toda la población. Cabe resaltar que el agua de la red pública no está siendo tratada adecuadamente.

Arévalo & Reátegui (2020) informan que obtuvieron carbón activado con ácido fosfórico al 30 y 60% a partir de la cáscara del fruto maduro de la calabaza (*Cucurbita ficifolia*) y el mejor carbón activado fue el de 30 % y con un tiempo de activación de 60 minutos (AF30- 60); presentando una buena capacidad de adsorción de azul de metileno, cumpliendo los requisitos de cenizas y humedad de la ASTM. Así mismo los carbones obtenidos con concentración del 30 % y 60 % presentan más rendimiento (42,13 % y 42,95 %); para un tiempo de adsorción de 30 minutos.

Bonifacio & Zegarra (2019) concluyeron que las condiciones operacionales influyen en el proceso de preparación de carbón activado a partir de la cáscara de naranja tomando en cuenta dos parámetros, el tiempo de carbonización y la concentración de ácido fosfórico con 3 niveles cada uno, que son, para el tiempo: 2,5 horas; 3 horas y 3,5 horas y para la concentración (36 %, 40 % y 48 %); se realizaron dos repeticiones (0,5 g y 1 g), el porcentaje de adsorción de plomo máximo obtenido fue 94,37 % y mínimo 67,71 %.

Ruiz (2018) concluye que la cáscara de naranja (*Citrus sinensis L. Obseck*) es un buen precursor para la preparación de carbón activado, por su bajo contenido de cenizas, alto contenido de volátiles y densidad de empaquetamiento; además menciona que, se han obtenido carbones activados utilizando tres distintas razones de impregnación que



cumplen con los parámetros de calidad necesarios para su aplicación en el tratamiento de aguas. Se descubrió que a medida que se aumenta la razón de impregnación durante la elaboración, se logra una mayor capacidad promedio de adsorción y mayor porcentaje de adsorción promedio de Pb^{+2} . Se encontró que a un pH ligeramente fue más óptima la adsorción logrando adsorber 98,80% de Pb^{+2} . Como resultado, se espera que se logren buenos porcentajes de remoción de concentraciones iniciales relativamente bajas de Pb^{+2} al utilizar carbón activado en el proceso de adsorción

Smith et al. (2018) observaron que la relación entre el hundimiento y la concentración de arsénico está relacionada con los estratos arcillosos, esto significa que la arcilla se enriquece de arsénico debido a su reactividad y alta relación del área superficial a volumen en relación con partículas del tamaño de arena. Concluyendo que, a medida que las arcillas se entierran durante el tiempo geológico, su suministro de oxígeno restringido da como resultado una reducción del arsénico a profundidades > 60 m, lo que resulta en la disolución del arsénico dentro del agua de los poros de la arcilla. Tomando en cuenta que, el agua subterránea dentro del acuífero fluye horizontalmente a través de los sedimentos con mayor permeabilidad, típicamente arenas y gravas. Entonces, el agua subterránea bombeada proviene principalmente de arenas y gravas, que tienen concentraciones más bajas de arsénico cuando el sistema acuífero se ve afectado por el sobre bombeo, los altos gradientes hidráulicos verticales hacen que se extraiga un mayor volumen de agua de arcillas menos permeables, que induce la liberación de agua con altas concentraciones de arsénico. Como consecuencia, el sobre bombeo aumenta las concentraciones de arsénico, con la disminución de la presión de los poros, se produce la compactación del acuífero y el consiguiente hundimiento de la tierra. Por lo tanto, la doble consecuencia del bombeo excesivo es el hundimiento de la tierra y una mayor extracción



de agua intersticial de las capas de arcilla, lo que genera un vínculo entre el hundimiento de la tierra y las concentraciones de arsénico en las aguas subterráneas.

OMS (2018) determinó que el arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública estableciendo una guía de valor para el arsénico en la calidad del agua potable. Este valor tiene como objetivo proporcionar una base para las tareas de regulación y normalización en todo el mundo que es de 10 $\mu\text{g/l}$, pero se considera provisional debido a las dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del arsénico del agua potable.

Yampasi (2017) determinó que a partir del análisis fisicoquímico se concluye que el carbón activado elaborado a partir de tallos y hojas de cañihua, por el método de activación química con ácido fosfórico, a nivel de laboratorio, es de buena calidad, igualando al carbón activado comercial.

Aguirre (2017) concluye que la máxima cantidad de plomo adsorbido por gramo de carbón fue de 0,0171mg/g, además concluye que los resultados obtenidos indicaron que con un control de los parámetros de activación se puede lograr obtener carbones activados con buenas propiedades adsorbentes, es así que se extrajo una muestra para adsorber plomo y arsénico del agua de la bahía del lago Titicaca, logrando una remoción del 99,8% y 70,3%, respectivamente. Esto hace que el uso del carbón activado sea atractivo para la eliminación de plomo en efluentes industriales contaminados. Finalmente se encontró que el modelo cinético que describe mejor el proceso de adsorción es el de pseudo segundo orden, lo que sugiere que se produce una quimisorción del plomo y arsénico sobre el carbón activado.

Rojas et al. (2016) concluyeron que el carbón C35 tiene mejor porcentaje de remoción de azul de metileno presentado en la solución concentrada con un 88,44 %



superior al resto de carbones preparados en tanto el carbón comercial CDG60 con un 86,43 %, también concluyeron que al incrementarse el porcentaje de impregnación del H_3PO_4 en los carbones preparados, aumentó su grado de porosidad confirmado por el análisis morfológico, además del aumento de su capacidad de remoción de azul de metileno.

Mohammad et al. (2014) concluyeron que el carbón activado de alta superficie ha sido producido por H_3PO_4 activación de palo de yute. El análisis detallado de la isoterma de adsorción de nitrógeno mostró claramente la estructura de microporos del carbón activado químicamente (CAC) y estructura de meso y macroporos del carbón activado físicamente (PAC), además, se predijo que un número mucho mayor de grupos funcionales orgánicos se distribuyeron aleatoriamente en la superficie de CAC que en la del PAC. En la separación de arsénico, los microporos y los grupos funcionales de la superficie desempeñaron un papel importante, ya que el CAC se desempeñó mucho mejor que el PAC. Sin embargo, ninguno de ellos pudo lograr la deseada separación del arsénico del agua. En contraste, el carbón activado cargado con hierro (FCAC) podría lograr la separación deseada de arsénico, esto se debió a que el hierro tiene una fuerte afinidad con los grupos funcionales de la superficie, así como con las especies de arsénico, esto funcionó como materiales cementantes en la adsorción mejorada de arsénico de las soluciones.

Manrique (2013) comprobó que la cascarilla de arroz es una buena materia prima para la producción de carbón activado, puesto que el área superficial del carbón comercial de cáscara de coco ($649,4 \text{ m}^2/\text{g}$) fue superada en $41 \text{ m}^2/\text{g}$ por el carbón activado con hidróxido de potasio (KACT-8) y en $796 \text{ m}^2/\text{g}$ por el carbón activado con ácido fosfórico (HACT-6), así mismo, la optimización permitió identificar las condiciones adecuadas para la maximización simultánea de las respuestas de rendimiento y área superficial



durante el proceso productivo; concluyendo que el carbón activado obtenido es capaz de adsorber cromo (VI), siguiendo una cinética de segundo orden y un ajuste al modelo de Langmuir, así el proceso se llevó a cabo por quimisorción y en monocapa.

Lavado et al. (2010) obtuvieron carbones activados con buenas capacidades adsorbentes de Pb (II), a partir de astillas de eucalipto (Labill) mediante activación química con H_3PO_4 , las condiciones de preparación empleadas en la activación ejercen una marcada influencia sobre la capacidad de adsorción de Pb (II); dichas condiciones fueron: razón agente activante /precursor = 1,0 y temperatura de activación = 600 C (P1, 0/600). La cantidad máxima de plomo adsorbido por gramo de carbón fue 142,1 mg/g. Además, los resultados obtenidos sugieren que se pueden obtener carbones activados con buenas propiedades adsorbentes al controlar adecuadamente los parámetros de activación

CAPÍTULO III

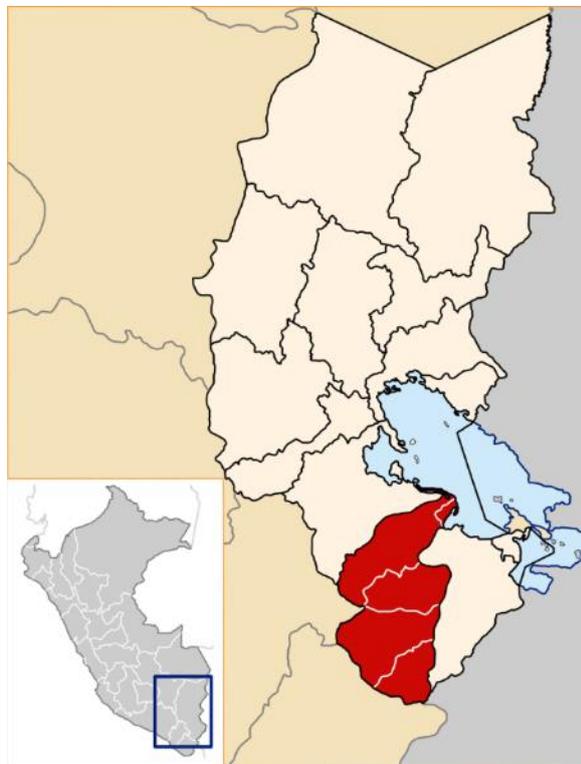
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El centro poblado de Villa Asunción Accaso está ubicado en la región de Puno, en la zona sur del departamento de Puno, provincia del Collao – Ilave y distrito de Pilcuyo a $16^{\circ} 5' 23,9''$ latitud sur y $69^{\circ} 30' 59,7''$ longitud oeste del Meridiano de Greenwich en la región altitudinal, en la meseta del Collao Región Puno. Fundado el 04/06/2018 registrada dentro de las sociedades mercantiles y comerciales como un Gobierno regional – local, su población manifiesta no tener abastecimiento del sistema de tratamiento de agua potable, es por ello que, obtienen esta mediante pozas.

Esta zona se caracteriza por tener un clima frío y seco, con temperaturas inestables debido a los cambios bruscos constantes.

Figura 6 Mapa Político El Collao - Ilave



Fuente: Wikipedia localización de la provincia El Collao



3.2. METODOLOGÍA DEL PLAN DE MONITOREO

3.2.1. Plan de monitoreo

Para ello fue indispensable realizar visitas anticipadas al área de estudio y así validar y contrastar la información de mapas, estableciendo los puntos de muestreos o cambiar algunos por dificultades sociales o de acceso.

3.2.2. Frecuencia de muestreo

Realizando registros preliminares a la zona, teniendo como primera visita en setiembre del 2021 para reconocer el centro poblado de Villa Asunción Accaso, distrito de Pilcuyo provincia El Collao Ilave, observando in situ la realidad de este centro poblado. La segunda visita se realizó para la identificación de las estaciones de muestreo adecuadas y pedir autorización a las autoridades competentes (Anexo A.1, A.2 y A.3). Posteriormente al visto bueno de las autoridades se procedió establecer la frecuencia de muestreo con las estaciones de muestreo.

3.2.3. Estaciones de muestreo

Se seleccionaron tres estaciones de muestreo georreferenciadas con un sistema de coordenadas evaluándose la accesibilidad de los lugares y la representatividad de las muestras. En el caso del centro poblado de Villa asunción Accaso solo las Instituciones públicas cuentan con pozos tubulares (tabla 6), los pobladores de la zona se abastecen de agua por pozos subterráneos artesanales, ya que solo existe disponibilidad hídrica subterránea de acuerdo al decreto supremo N° 022-2016-MINAGRI (Resolución Administrativa N° 165 – 2017 – ANA – ALA – ILAVE)



Tabla 6 Estaciones de muestreo de pozos tubulares del centro poblado
Villa Asunción Accaso.

Estaciones de muestro		Coordenadas UTM		Altitud
Código	Descripción	Sur	Oeste	(m.s.n.m.)
M1	Pozo tubular de la	°16 04' 52''	°69 47' 14''	3824
	Institución Educativa Primaria N° 70332			m.s.n.m.
M2	Pozo tubular IES	°16 02' 44''	69° 28' 15''	3824
	Técnico Agropecuario Accaso			m.s.n.m.
M3	Pozo tubular del centro de Salud de Accaso	16° 02' 44''	69° 28' 32''	3824 m.s.n.m.

– **Estación de muestreo 1**

La primera estación de muestreo es el pozo tubular de la institución Educativa Primaria N° 70332 con un aproximado de 26 alumnos perteneciente a la DRE Puno con código 210004 y que está supervisada por la UGEL el Collao a cargo del señor director Rubén Castillo Romero.

– **Estación de muestreo 2**

La segunda estación de muestreo es el pozo tubular de la Institución Educativa Secundaria Técnico Agropecuario Accaso fundada en 1984 bajo RD 0444-1984 el 4 de mayo. Actualmente cuenta con 44 estudiantes y está bajo el mando del señor director Ernesto Neira

– **Estación de muestreo 3**

La tercera estación se encuentra ubicada frente a la plaza principal del centro poblado de Villa Asunción Accaso con una distancia aproximada de 30 km de la Ciudad de Ilave esta estación se consideró importante debido a que es la única posta médica de la localidad, que está a cargo de la Licenciada Vilma Mamani Ccalli.



3.2.4. Elección de parámetros

Para la elección de parámetros se consideraron dos factores

- La clasificación del agua de consumo Categoría I – Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, debido a que esta agua se consume en la comunidad y Categoría III (MINAM, 2017) – Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales, ya que la zona es ganadera y agrícola.
- El muestreo piloto realizado el 01 de setiembre del 2021 en los Laboratorios Analíticos del Sur con registro N° LE -050 por INACAL para metales (Anexo B.4)
- El muestreo referencial realizado el 01 de setiembre del 2021 en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química para parámetros fisicoquímicos (Anexo B.1, B.2 y B.3).

3.3. EQUIPOS Y MATERIALES

3.3.1. Materiales

- 01 bandeja de acero inoxidable
- 02 pliegos de papel
- 01 tamiz de acero inoxidable de malla # 60
- 01 probeta de 10 ml
- 01 probeta de 50 ml
- 03 vasos de precipitado de 150 ml
- 03 vasos de precipitado de 500 ml.
- 01 mortero de laboratorio
- 09 crisoles
- 01 matraz Erlenmeyer 500 ml.



- 01 pipetas volumétricas de 25 ml.
- 03 fioles de 1000 ml
- 02 mascarillas
- 02 embudos den 250 ml
- 1 caja de Guantes de latex
- Papel filtro Whatman # 42
- 1 guardapolvo
- Tallos de quinua

3.3.2. Reactivos

- Agua destilada
- H_3PO_4 al 85%
- $FeCl_3$

3.3.3. Indicadores

- Azul de metileno

3.3.4. Equipos

- Estufa BINDER D-78532 Tuttingen /Germany
- Balanza analítica Kern & Sohn Gmbh PCB3500-2
- Mufla de alta potencia Enitherm DELUZ 25960
- Equipo de medición de pH Milwaukee 150
- Agitador magnético CAT M 6.1.
- Espectrofotómetro UV Spectronic 21D MILTON ROY
- Molino de cuchillas



3.4. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO 1

Obtención de carbón activado a partir del tallo de quinua

3.4.1. Evaluación de los tallos de quinua antes de la activación

a) Humedad (%)

Se tomó un crisol vacío y se le introdujo a la estufa a 105 °C por 30 min, luego se retiró y se llevó al desecador por 30 min a hasta tener peso constante. Se le añadió un porcentaje de muestra y se volvió a pesar se llevó a la estufa a 105 °C por 2 horas, posteriormente se extrajo de la estufa para llevarlo al desecador hasta conseguir un peso constante, calculando el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula:

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

Donde:

A : peso inicial de la muestra (g)

B : peso del crisol con la muestra antes del ingreso a la estufa (g)

C : peso del crisol con la muestra después de salir de la estufa (g)

b) Material Volátil (%)

Se tomó un crisol vacío y se le introdujo a la estufa a 105 °C por 30 min, luego le retiro y se llevó al desecador por 30 min a hasta tener peso constante. Se le añadió un porcentaje de muestra seca y se volvió a pesar se llevó a la mufla a 950 °C por 7 minutos, posteriormente se retiró de la mufla y se llevó a un desecador hasta obtener peso constante. Se calculó el porcentaje de material volátil con la siguiente fórmula.

$$\text{Material Volatil (\%)} = \left(\frac{B - C}{A} \times 100 \right) - H$$

Donde:



C : peso del crisol con la muestra luego de salir de la mufla (g)

H : % humedad

c) Cenizas (%)

Se tomó un crisol vacío y se le introdujo a la estufa a 105 °C por 30 min, luego le retiro y se llevó al desecador por 30 min a hasta tener peso constante. Se le añadió un porcentaje de muestra seca y se volvió a pesar se llevó a la mufla a 450 °C por 1 hora y luego se elevó la temperatura de 700 °C a 750 °C por dos horas, posteriormente se retiró de la mufla y se llevó a un desecador hasta conseguir peso constante. Se calculó el porcentaje de ceniza con la siguiente fórmula.

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

Donde:

A : peso inicial de la muestra (g).

B : peso del crisol (g).

C : peso del crisol con la muestra luego de salir de la mufla (g).

d) Carbón fijo (%)

Será hallada a partir de la siguiente fórmula

$$\text{Carbón fijo (\%)} = 100 - (H + C + MV)$$

Donde:

H : % humedad

MV : % material volátil

C : % cenizas

3.4.2. Procedimiento para obtener carbón activado

Con el fin de obtener carbón activado se ha evaluado los parámetros de concentración de ácido fosfórico a diferentes proporciones (36 %, 40 % y 48 %)



hasta llegar a 500 °C (aproximadamente 1 hora), tomando como referencia la investigación realizada por Bonifacio & Zegarra, (2019) y Arévalo & Reátegui, (2020), siendo evaluados en diferentes procedimientos.

3.4.3. Tratamiento físico de los tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*)

- Se seleccionó 2 kg de tallos de Quinoa (*Chenopodium quinoa*)
- Partiéndolos en pequeños trozos y dejándolas secar en una bandeja, posteriormente se tapó con papel a temperatura ambiente por 15 días.
- Luego de haber transcurrido los 15 días se secó en una estufa a 60 °C por 24 horas.
- Con ayuda de un molino de cuchillas se triturarán y luego pasaron por un proceso de tamizado utilizando malla N° 10.

3.4.4. Preparación del agente activante (H_3PO_4) a diferentes

concentraciones

Se utilizó ácido fosfórico al 85 % diluyéndolo en concentraciones al 36 %, 40 % y 48 % (V/V).

Se preparó 100 ml de H_3PO_4 al 85% aplicando la siguiente fórmula para la dilución:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Dónde:

C1 : concentración de ácido fosfórico (H_3PO_4) en porcentaje (%.)

V1 : volumen retirado del frasco de 85 % en ml.

C2 : concentraciones halladas en (%)

V2 : volumen de preparación en ml.

- Preparación de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 36 % en 100 ml de agua:

$$85 \% \times V_1 = 36 \% \times 0,1l$$



$$V_1 = 0,04235 \text{ l} = 42,35 \text{ ml}$$

- Preparación de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 40 % en 100 ml de agua:

$$85 \% \times V_1 = 36 \% \times 0,1 \text{ l}$$

$$V_1 = 0,04705 \text{ l} = 47,05 \text{ ml}$$

- Preparación de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 48 % en 100 ml de agua:

$$85 \% \times V_1 = 48 \% \times 0,1 \text{ l}$$

$$V_1 = 0,05647 \text{ l} = 56,47 \text{ ml}$$

Tabla 7 Dosificación para el ácido fosfórico a diferentes concentraciones

Concentraciones (V/V)	Volumen de	
	H_3PO_4 concentrado al 85 % (ml)	Volumen de agua destilada (ml)
C1 Concentración al 36 %	42,4	57,6
C2 Concentración al 40 %	47,1	52,9
C3 Concentración al 48 %	56,5	43,5

3.4.5. Proceso de Activación química de los tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*)

a) Proceso de impregnación con agente activante (H_3PO_4)

- Se pesó 50 g de tallos de quinua triturados en una balanza analítica de marca Kern & Sohn GmbH PCB3500-2 y se impregno en una proporción 1 g de muestra: 2 g de reactivo con solución de ácido fosfórico (H_3PO_4) en concentraciones de 36 %, 40 % y 48 % en vasos de precipitado de 500 ml por 24 horas.
- Luego se llevaron las muestras a una estufa a temperatura de 14 °C por 24 horas.



b) Activación por el método químico

- Luego las muestras fueron traspasadas a crisoles y activadas en una mufla marca Enitherm DELUZ 25960 hasta llegar a 500 °C, en el periodo de una hora.
- Los carbones activados obtenidos se lavaron con agua destilada hasta obtener un rango de pH entre 5,5 – 7.
- Posteriormente se secó en una estufa marca BINDER D-78532 Tuttingen /Germany durante 48 h a una temperatura de 20 °C.
- Se molió manualmente en un mortero y se tamizó con malla N° 60.
- Finalmente se almacenó el carbón activado.

3.4.6. Impregnación de cloruro férrico (FeCl_3) al carbón obtenido para adsorción de Arsénico

- Luego de la obtención del carbón activado con ácido fosfórico (H_3PO_4) se procedió a impregnar con cloruro férrico al 0,1 M, 1 g de carbón en 50 ml de FeCl_3 , debido a que el Fe (II), tiene una gran afinidad química por el arsénico en sus formas hidrolizadas, propiciando interacciones electrostáticas.
- En un vaso de precipitado se agregó 1 g : 50 ml de cloruro férrico al 0,1 M agitándose durante 24 horas.
- Luego se procedió al filtrar y lavar con agua destilada hasta llegar a un pH entre 5,5 y 7 para luego secar en la estufa.
- Finalmente se procede almacenar.



3.5. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO 2

Evaluación del carbón activado obtenido de los tallos de quinua

a) Rendimiento del carbón activado

Se pesó en un crisol aparente y se añadió 15 g de muestra terminado el proceso se retiró de la mufla y se pesó nuevamente. Se calculó el rendimiento con la siguiente fórmula:

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

Donde:

A : peso del crisol (g).

B : peso del crisol con la muestra antes de ingresar a la mufla (g).

C : peso del crisol con la muestra después de salir de la mufla (g).

b) Capacidad de adsorción del carbón activado mediante el método de azul de metileno.

- Se elaboró la muestra patrón del indicador azul de metileno en una fiola de 1 L con agua destilada colocando gotas del indicador dentro de esta y leyendo en un espectrofotómetro UV marca Spectronic 21D MILTON ROY a 650 nm obteniendo la absorbancia de 1,460 nm.
- Se pesó 0,1 g de carbón activado que se colocó en un vaso de precipitado de 150 ml. Se le añadió 100 ml indicador azul de metileno de la muestra patrón. Se homogeneizó la muestra en un agitador marca CAT M 6.1. por espacio de 90 min. Cada 30 min se tomó 5 ml de muestra, se filtró en papel Whatman N° 42 y se leyó en el espectrofotómetro UV a 650 nm. Para determinar la adsorción de azul de metileno utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Adsorción de azul de metileno (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:



A : Absorbancia del patrón (muestra sin carbón activado).

B : Absorbancia de la muestra con carbón activado.

3.6. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO 3 Y 4

Equilibrio de adsorción

3.6.1. Isotermas de adsorción de Langmuir y Freundlich

- Para la evaluación de las Isotermas de Langmuir y Freundlich se cogió 0,075 g, 0,1 g, 0,25 g 0,5 g y 1 g del carbón activado con ácido fosfórico al 36 %, los cuales fueron colocadas en vasos de precipitados de 150 ml con un contenido de 100 ml de muestra de agua cinética para el plomo y natural para el arsénico (Bonifacio & Zegarra, 2019).
- Según Aguirre (2017) se montan las muestras en agitadores magnéticos por un periodo de 120 min a 75 °C.
- Seguidamente se dejó en contacto por un periodo de 4 horas para alcanzar las condiciones de equilibrio (Bonifacio & Zegarra, 2019).
- Luego de alcanzar las condiciones de equilibrio se filtraron las muestras utilizando papel Whatman N° 42 y se analizaron.
- Se determinaron las concentraciones mediante espectrofotometría de absorción atómica.

Para determinar los porcentajes se utilizó la siguiente fórmula:

$$q_e = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times V$$

Donde:

q_e : Capacidad de remoción en g (As/g de carbón activado)

C_o : Concentración inicial (mg/L)



C_f : Concentración final (L)

V : Volumen de la muestra (L)

3.6.2. Cinética de adsorción

Para la cinética de adsorción se utilizó la siguiente fórmula

$$q_e = \frac{(C_o - C_f)}{W} \times V$$

$$\% \text{ Remoción} = \frac{(C_o - C_f)}{C_o} \times 100$$

Donde:

q_e : Capacidad de adsorción (mol/g)

C_o : Concentración inicial de adsorbato (mol/L)

C_f : Concentración final de adsorbato en el tiempo (min) (mol/L)

V : Volumen de la solución (ml)

w : Masa del adsorbente (g)

R : Porcentaje de remoción

3.6.3. Proceso de adsorción

Arsénico

- Para el proceso de adsorción de arsénico se cogió la relación 1 g de carbón:100 ml de agua natural, tomando en consideración el carbón obtenido al 36 % concentrado con H_3PO_4 que presenta mayor capacidad de absorción por el método de azul de metileno.
- Se montaron las muestras en agitadores magnéticos a 200 rpm durante 30 minutos para una correcta homogeneización.
- Seguidamente se dejó en contacto durante 24 horas para lograr alcanzar condiciones de equilibrio.



- Se filtraron las soluciones utilizando papel Whatman N° 42
- Se determinaron las concentraciones del metal enviando las muestras a un laboratorio acreditado por INACAL.
- El método que se utilizó para la lectura de arsénico fue el método analítico de ICP (técnica de espectrofotometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo) en un rango de (-2,5 mg/L).

Para determinar el porcentaje de adsorción o remoción de arsénico se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ de adsorción} = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100$$

Donde:

C_o : Concentración inicial (mg/L).

C_f : Concentración final (mg/L).

Plomo

El proceso de adsorción de plomo no pudo llevarse a cabo con las aguas naturales del centro poblado Villa Asunción Accaso, debido a que las muestras de agua de los pozos tubulares no presentaban presencia de plomo. El motivo fue que durante los años 2021 y 2022 para el retorno a clases presenciales en las instituciones educativas se procedió a implementar medidas para garantizar la continuidad del servicio educativo en el marco de acciones preventivas y de control ante riesgos de propagación de Covid – 19 según D.L. N° 1465. Del mismo modo se dio mantenimiento a las infraestructuras educativas realizando el cambio de tuberías entre otros. Por lo que en el último ensayo enviado a laboratorio se observó que no se presentaba el plomo y del mismo modo había disminuido la concentración de arsénico (Anexo B.5, B.6 y B.7).



Es así que se determinó la capacidad adsorción de plomo con agua artificial elaborada a partir de nitrato de plomo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), utilizando la siguiente ecuación para preparar la solución:

$$C = \frac{m}{\frac{PM}{V}}$$

Donde:

C : Concentración (g/L).

V : Volumen (L).

PM : Peso molecular del $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (g).

Entonces:

$$m = C \times V \times PM$$

$$m = 0,008 \times 0,5 \times 331,20$$

$$m = 1,32 \text{ g}$$

Se necesitó 1,32 g de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, para preparar una solución de 8 ppm, diluida en una fiola de 500 ml con agua destilada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS E INORGÁNICOS EN AGUAS DE POZOS TUBULARES DEL CENTRO POBLADO VILLA ASUNCIÓN ACCASO.

4.1.1. Parámetros fisicoquímicos

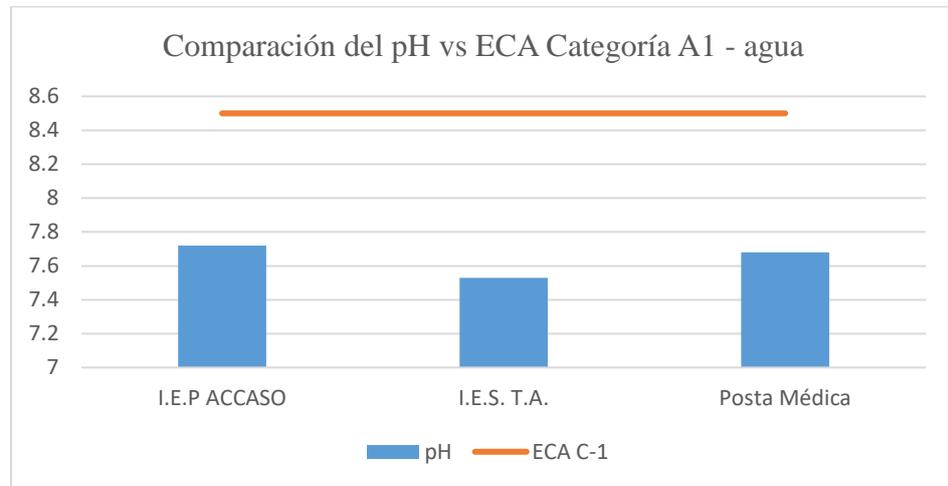
Se recolectaron muestras de las tres estaciones de muestreo (E1, E2 y E3) para ser analizadas fisicoquímicamente en el laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano por métodos gravimétricos (ANEXO B.1, B.2 y B.3) teniendo como resultado la tabla 8, para su respectiva interpretación.

Tabla 8 Características fisicoquímicas de aguas de pozos tubulares en el centro poblado Accaso.

PARAMETROS	MUESTRAS			Categoría A1
	I.E.P ACCASO	I.E.S. T.A.	Posta Medica	
Características fisicoquímicas				
pH	7,72	7,53	7,68	6,5 – 8,5
T (° C)	15	15	15	
Conductividad (µS/cm)	48,5	55	44,3	1500
Dureza (mg/L)	252,96	244,16	234,24	500
Alcalinidad (mg/L)	451	495,2	498,8	
Cloruros (mg/L)	51,98	42,99	49,98	250
Sulfatos (mg/L)	2	2,4	0	250
Nitratos (mg/L)	208,13	57,26	16,68	10
Calcio (mg/L)	39,39	47,02	63,31	
Magnesio (mg/L)	37,55	30,78	18,46	
Sólidos Totales (mg/L)	23,4	27,5	22,1	1000
Porcentaje de salinidad	0	0	0	
Turbidez (NTU)	5	5	5	5

Fuente: Informe del Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Altiplano Puno.

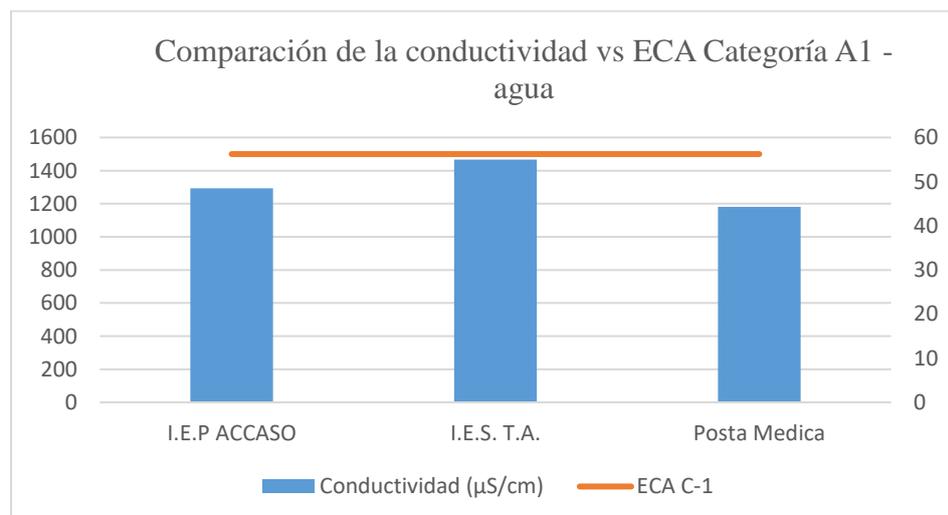
Figura 7 Comparación de los resultados de pH de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1



Interpretación y discusión de los resultados de pH de las diferentes muestras de aguas de pozos tubulares

Según el ECA de la categoría A1 el pH debe variar entre 6,5 y 8,5; en las muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso no se supera este estándar. Siendo estas aguas consideradas alcalinas.

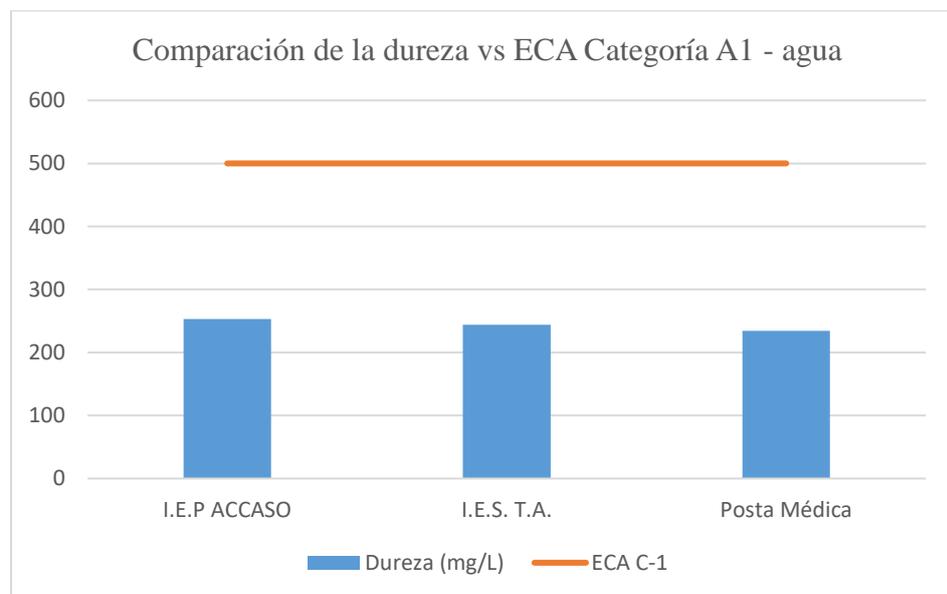
Figura 8 Comparación de los resultados de Conductividad de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1



Interpretación y discusión de los resultados de conductividad de las diferentes muestras de pozos tubulares

Según el ECA de la categoría A1 la conductividad no debe superar 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; en las muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso no se supera este estándar. Determinado que estas aguas presentan una baja capacidad de conducir corriente eléctrica a través de sus iones disueltos.

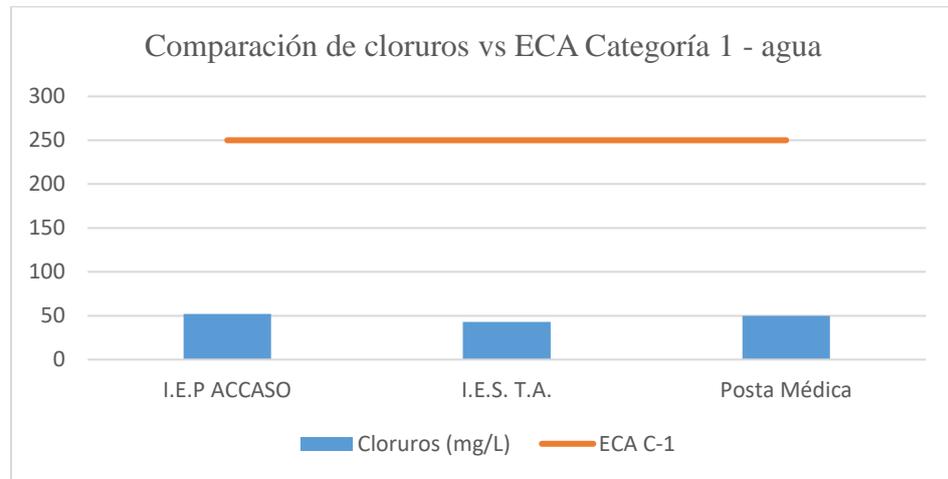
Figura 9 Comparación de los resultados de Dureza de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1



Interpretación y discusión de los resultados de dureza de las diferentes muestras de pozos tubulares

Según el ECA de la categoría A1 la dureza no debe superar 500 mg/L; en las muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso no se supera este estándar. Determinado que estas aguas presentan una baja cantidad de iones compuestos naturalmente como son el calcio y magnesio.

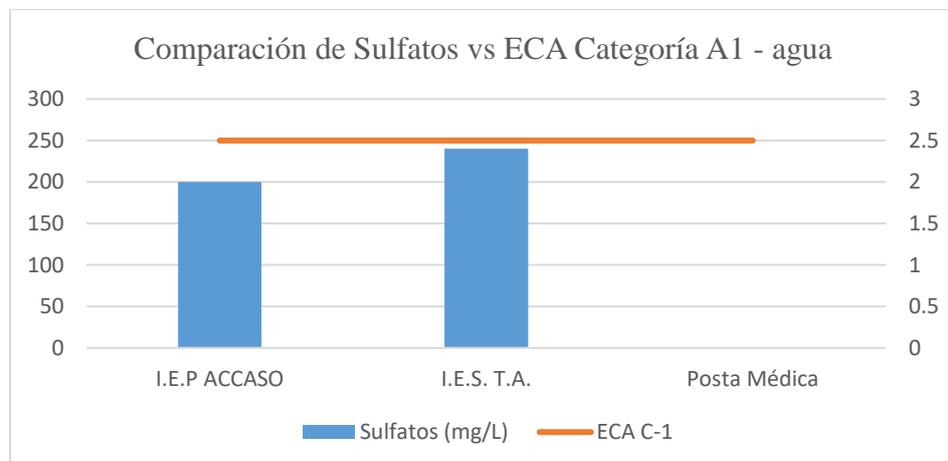
Figura 10 Comparación de los resultados de Cloruros de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría 1.



Interpretación y discusión de los resultados de cloruros de las diferentes muestras de pozos tubulares

Según el ECA de la categoría A1 los cloruros no deben superar los 250 mg/L; en las muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso no se supera este estándar. Determinado que estas aguas presentan una baja cantidad cloruros beneficiando la calidad del suelo de esta zona debido a que, las altas concentraciones de este deterioran los campos agrícolas.

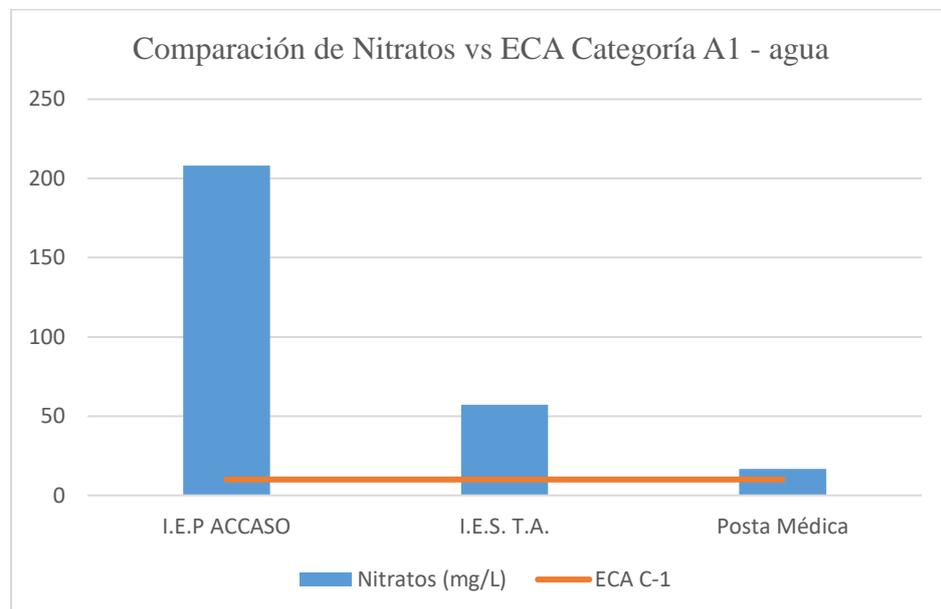
Figura 11 Comparación de los resultados de Sulfatos de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1.



Interpretación y discusión de los resultados de sulfatos de las diferentes muestras de pozos tubulares

Según el ECA de la categoría A1 los sulfatos no deben superar los 250 mg/L; en las muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso no se supera este estándar. Teniendo en consideración que los sulfatos en grandes concentraciones solo producen un efecto laxante y deshidratación.

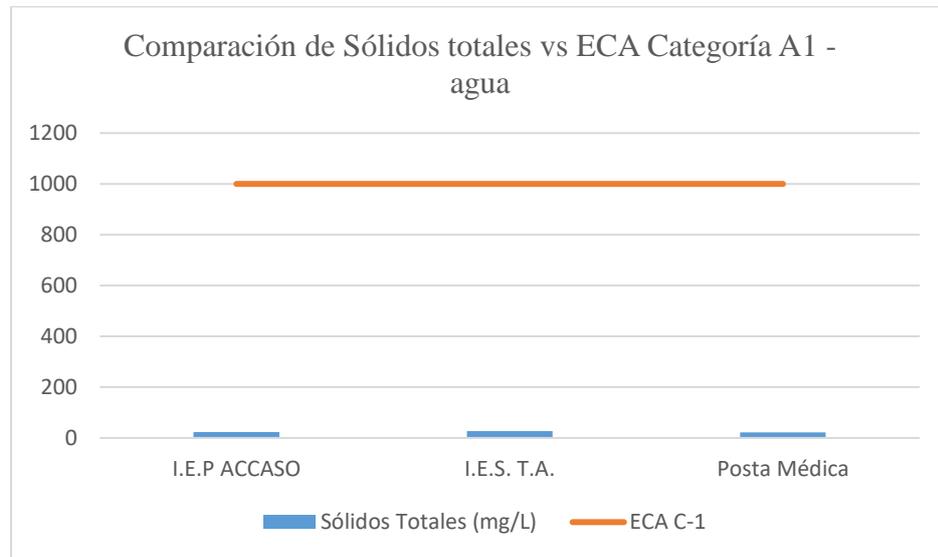
Figura 12 Comparación de los resultados de Nitratos de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1.



Interpretación y discusión de los resultados de nitratos de las diferentes muestras de pozos tubulares

Según el ECA de la categoría A1 los nitratos no deben superar los 10 mg/L; en las muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso se supera este estándar en todas las muestras. Además, se sabe que, los elevados niveles de nitratos se relacionan al ciclo de nitrógeno que se presenta en el suelo esto puede ser añadido gracias al elevado uso de fertilizantes o a la presencia de contaminación fecal.

Figura 13 Comparación de los resultados de Sólidos totales de las diferentes muestras de agua natural con respecto ECA Categoría A1.



Interpretación y discusión de los resultados de sólidos totales de las diferentes muestras de pozos tubulares

Según el ECA de la categoría A1 los sólidos totales no deben superar los 1000 mg/L; en las muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso no se supera este estándar. Determinado este parámetro como un buen indicador de la calidad del agua.

4.1.2. Parámetros inorgánicos

Para el análisis de los parámetros inorgánicos se recolecto una muestra integrada de los tres puntos (I.E.P Accaso, I.E.S. T.A. y Posta médica) para conocer las condiciones de calidad se analizaron inorgánicamente en los Laboratorios Analíticos del Sur acreditada por INACAL de la ciudad de Arequipa por el método plasma de acoplamiento inductivo (ICP - OES) realizando un barrido completo de metales (Anexo B.4) y teniendo como resultado la tabla 9 para su respectivo análisis.

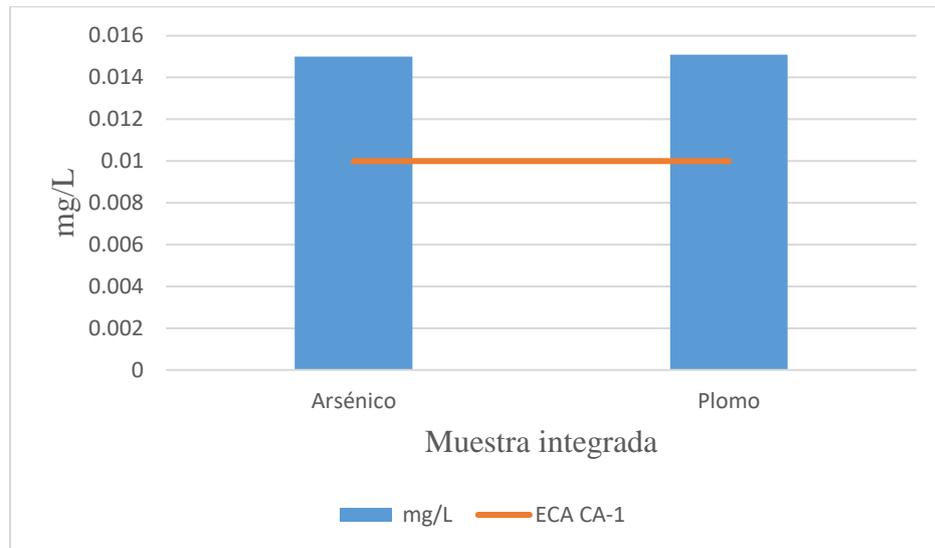
Tabla 9 Características inorgánicas de la muestra integrada - centro poblado
Villa Asunción Accaso.

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3	Muestra integrada
		Aguas que pueden ser potabilizadas	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
INORGÁNICOS					
Aluminio	mg/L	0,9	5	5	0,033
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**	^b < 0,00049
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15	0,015
Bario	mg/L	0,70	1	**	0,0053
Berilio	mg/L	0.012	0,04	0,10	^b < 0,000079
Boro	mg/L	2,40	2,40	2,40	^b < 0,0053
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01	0,00063
Cobre	mg/L	2	2	2	0,0286
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,05	^b < 0,00039
Hierro	mg/L	0,30	1	5	0,72
Magnesio	mg/L	0,40	0,40	0,50	14,93
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	^b < 0,00041
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**	0,00675
Níquel	mg/L	0,07	**	**	0,00322
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,0151
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05	^b < 0,0024
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	.-.
Zinc	mg/L	3	5	5	0.444

Nota. Adaptado de: Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-00035

Tomando de la tabla 9 que el arsénico y el plomo se encuentran por encima de los ECA (< 0,01 mg/L) representándose en la figura 14; MINAM, (2017)

Figura 14 Comparación de concentración de arsénico y plomo de la Categoría -A1 con respecto a la muestra integrada



Interpretación y discusión de los resultados de análisis inorgánicos

Según los análisis para parámetros inorgánicos de la muestra integrada de los pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso se puede presenciar que supera los parámetros magnesio, arsénico y plomo como se observa en la figura 14 y tabla 9. Se sabe que el magnesio es un metal alcalino terreo su rango máximo es 0,4 mg/L según ECA establecido por el MINAM (2017) superando en un 14.53 mg/L los estándares; a pesar de ello sus efectos adversos son laxativos para el ser humano. Para el arsénico se excede en un 0,005 mg/L y en el caso del plomo presenta 0.005 mg/L de exceso, el rango no debería ser superior a 0,01 mg/L según los ECA debido a que causa daños en la salud.

4.2. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 1

Tratamiento de los tallos de quinua

Se procedió a recoger los tallos de quinua que son desechados en la cosecha para ser secados a temperatura ambiente así evaluar los siguientes parámetros para obtener carbón activado óptimo a escala laboratorio.

4.2.1. Tratamiento de datos de los tallos de quinua

El tratamiento de los tallos de quinua se llevó a cabo por triplicado para cada procedimiento.

a) % Humedad

Tabla 10 *Porcentaje de humedad en los tallos de quinua.*

	Peso del crisol (g)	Peso del crisol + muestra entrada(g)	Peso del crisol + muestra salida(g)	% Humedad
1	54,54	58,43	58,11	8,37
2	57,34	61,33	60,98	8,76
3	51,40	55,85	55,46	8,90
	Promedio			8,67

Interpretación y discusión del porcentaje de humedad

La humedad varía de acuerdo a las condiciones en las que se encuentra los tallos de quinua. Como se observa en la tabla 10 la humedad promedio de los tallos de quinua es 8,67 %. Esto quiere decir que esta materia contiene aproximadamente 9 % de agua en su tallo.

El resultado de los análisis de los tallos de quinua muestra un contenido bajo de humedad con 8,67 % que es menor al resultado de Aguirre (2017) con un contenido de humedad de 13,56 % de las semillas de eucalipto, esto indica que este precursor no absorbe gran cantidad de agua del ambiente. Barreto (2012) obtuvo 7,8 % de humedad para el hueso de aceituna siendo comparable al precursor del tallo de quinua.

b) Contenido de cenizas (sólidos fijos) (%)**Tabla 11** *Contenido de cenizas en los tallos de quinua*

	Peso del crisol (g)	Peso del crisol + muestra entrada	Peso del crisol + muestra salida	% Ceniza
1	11,63	13,07	11,73	6,71
2	16,39	18,07	16,50	6,60
3	25,50	27,14	25,62	7,31
	Promedio			6,87

Interpretación y discusión del porcentaje de cenizas

El contenido de cenizas es 6,87 % confirmando una pequeña presencia de contenido inorgánico superando en un 3% al resultado de Aguirre (2017) en donde la diferencia no es significativa.

c) Material volátil (%)**Tabla 12** *Contenido de Material Volátil en los tallos de quinua*

	Peso del crisol(g)	Peso del crisol + muestra entrada(g)	Peso del crisol + muestra salida(g)	% Material volátil
1	54,54	58,20	54,81	84,37
2	57,34	61,07	57,67	82,23
3	51,40	55,33	51,70	83,47
	Promedio			83,36

Interpretación y discusión del porcentaje de material volátil

Con respecto al porcentaje de materia volátil asociado al contenido de hemicelulosa y lignina (hetero polisacáridos), que está ligado al porcentaje de carbono fijo. Se considera es apto por su bajo contenido de cenizas y alto contenido de volátiles (Ruiz, 2018).

Tabla 13 Resumen de las características de la materia prima (%)

Muestra	Humedad (%)	Cenizas (%)	Material Volátil (%)	Carbón fijo (%)
Tallos de quinua	8,67	6,87	83,36	1,17

Fuente: Elaborado basándose en las tablas 10, 11 y 12.

4.2.2. Tratamiento de datos del carbón activado obtenido

Condiciones de obtención de carbón activado

Las variables manipuladas en este trabajo fueron las concentraciones de ácido fosfórico en diferentes proporciones y tiempo. Otro parámetro evaluado fue la absorbancia con el equipo espectrofotómetro UV marca Spectronic 21D MILTON ROY a 650 nm con una absorbancia de 1.460 nm, en periodos de 30 min.

Tabla 14 Condiciones de obtención de carbón activado a partir de los tallos de quinua

Carbón activado	Concentración de ácido fosfórico (%)	Tiempo de carbonización (h)
C1	36	1
C2	40	1
C3	48	1

Rendimiento del carbón activado

Tabla 15 Rendimiento de los carbones activados a diferentes concentraciones

Carbón activado obtenido a diferentes concentraciones	Peso del crisol (g)	Peso del crisol + muestra entrada (g)	Peso del crisol + muestra salida (g)	% rendimiento
36%	25,52	26,54	26,05	52,03
40%	16,40	17,40	16,86	45,87
48%	11,65	12,65	12,05	40,12

Interpretación y discusión de los datos del rendimiento del carbón activado

Como se aprecia en la tabla 15 el mayor porcentaje de rendimiento lo presenta el carbón activado al 36 % de activación con ácido fosfórico con un 52,03 % de rendimiento a diferencia de los carbones obtenidos al 40 % y 48 % de concentración con un tiempo de activación de 60 minutos, este resultado es superior al de Arévalo & Reátegui (2020) con un valor de 42,95 % de rendimiento con un tiempo de activación de 60 minutos.

4.3. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 2

Tratamiento de datos de la absorbancia por el método de azul de metileno

Tabla 16 Lectura de adsorción de azul de metileno respecto al tiempo

Tiempo(min)	Lectura (650 nm)				
	MP	MC	M1(36%)	M2(40%)	M3(48%)
30	1,460	0,390	0,014	0,041	0,021
60	1,460	0,323	0,011	0,077	0,025
90	1,460	0,335	0,016	0,051	0,038

Tabla 17 Porcentaje de adsorción de azul de metileno con respecto al tiempo

Tiempo (min)	Adsorción de azul de metileno (%)			
	MC	M1(36%)	M2(40%)	M3(48%)
30	73,29	99,04	97,19	98,56
60	77,88	99,25	94,73	98,29
90	77,05	98,90	96,51	97,40

Donde:

MP : muestra patrón (con azul de metileno).

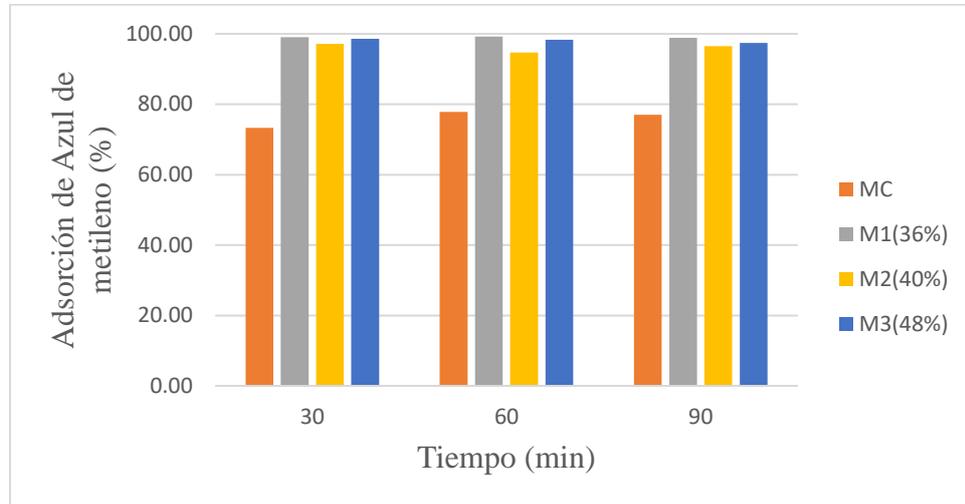
MC : muestra comercial.

M1(36%) : muestra al 36% de concentración de H₃PO₄.

M1(40%) : muestra al 40% de concentración de H_3PO_4 .

M1(48%) : muestra al 48% de concentración de H_3PO_4 .

Figura 15 Porcentaje de adsorción de azul de metileno frente al tiempo de adsorción.



Interpretación y discusión de los datos del tratamiento de absorbancia por el método de azul de metileno

Se aprecia que existe diferencias entre el carbón comercial y los carbones obtenidos a partir del tallo de quinua a diferentes concentraciones observándose que presentan mayor capacidad de adsorción que el carbón comercial de marca EUCARBON (ver tabla 17 y figura 15) con un valor máximo de adsorción para el carbón al 36 % de concentración alcanzando un porcentaje de 99 % siendo un resultado óptimo y comparable al de Arévalo & Reátegui (2020) con un valor de 90 % en promedio para el carbón obtenido a partir del fruto de calabaza (*Cucurbita ficifolia*).

Es importante resaltar que en el minuto 30 no se incrementó una diferencia relevante en el porcentaje de adsorción del colorante azul de metileno.



4.4. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 3 Y 4

Isotermas de Langmuir y Freundlich

Se utilizó la técnica de espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES en la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano para analizar el porcentaje de concentración de plomo y arsénico en las dos muestras de carbón activado (ácido fosfórico y ácido fosfórico + cloruro férrico) obtenidas a partir de los tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*) a una concentración del 36 %. Se emplearon las isotermas de Langmuir y Freundlich para la evaluación del porcentaje de concentración.

4.4.1. Isoterma de Langmuir

Teniendo la siguiente ecuación:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b} C_e + \frac{1}{kb}$$

Donde:

q_e : Cantidad adsorbida

C_e : Cantidad sin adsorber

k : Fuerza de unión

b : Cantidad máxima adsorbida

Que es similar a la ecuación de la recta como se muestra:

$$y = mx + b$$

Entonces para:

$$q = \frac{x}{m}$$

Donde:

x : Masa del adsorbato(contaminante) adsorbida

m : Masa del adsorbente

Entonces para:



$$x = C_o - C_e$$

Donde:

C_o : Concentración inicial

C_e : Concentración de equilibrio

Obteniéndose las siguientes tablas (Anexo B.13 y B.14):

Tabla 18 Valores para el Isoterma de Langmuir – Plomo

Masa del carbón activado (g)	Ce del adsorbato en la solución (ppm, mg/L)	$x = C_o - C_e$	$q = x/m$	C/q
0	8,29	0,00	0	0
0,1	6,17	2,12	0,0212	290,853
0,25	1,71	6,58	0,0263	65,065
0,5	0,97	7,32	0,0146	66,102
0,75	0,80	7,49	0,0100	80,107
1	0,26	8,03	0,008	32,636

Tabla 19 Valores para el Isoterma de Langmuir – Arsénico

Masa del carbón activado	Ce (ppm)	$x = C_o - C_e$	$q = x/m$	c/q
0	0,8	0	0	0
0,1	0,58	0,22	0,0022	263,636
0,25	0,45	0,35	0,0014	321,429
0,5	0,31	0,49	0,00098	316,327
0,75	0,25	0,55	0,00073	340,909
1	0,21	0,59	0,00059	355,932

A continuación, con dichas tablas se graficarán los isotermas de Langmuir para el Plomo y Arsénico.

Figura 16 *Isoterma de adsorción de Langmuir para el Plomo.*

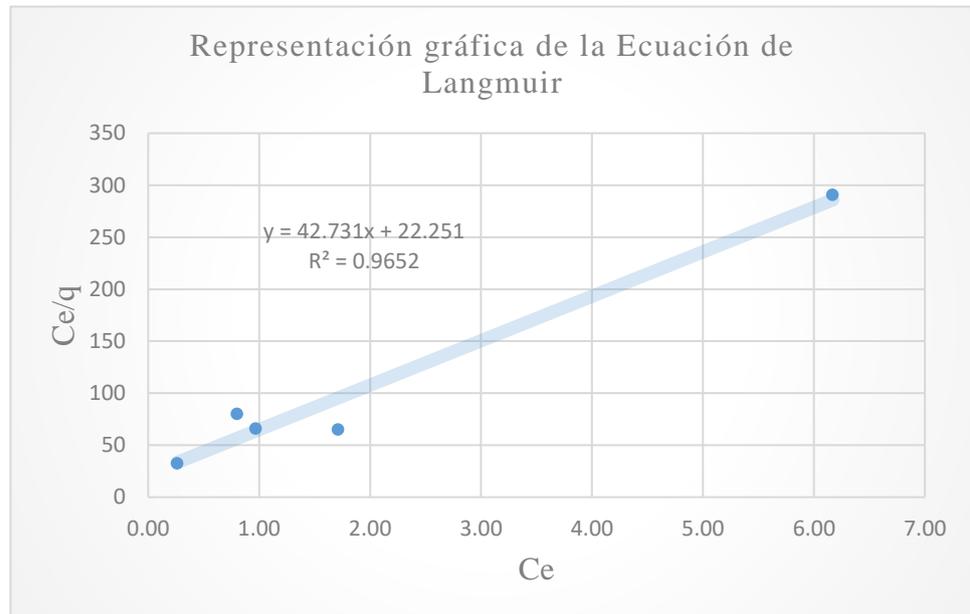
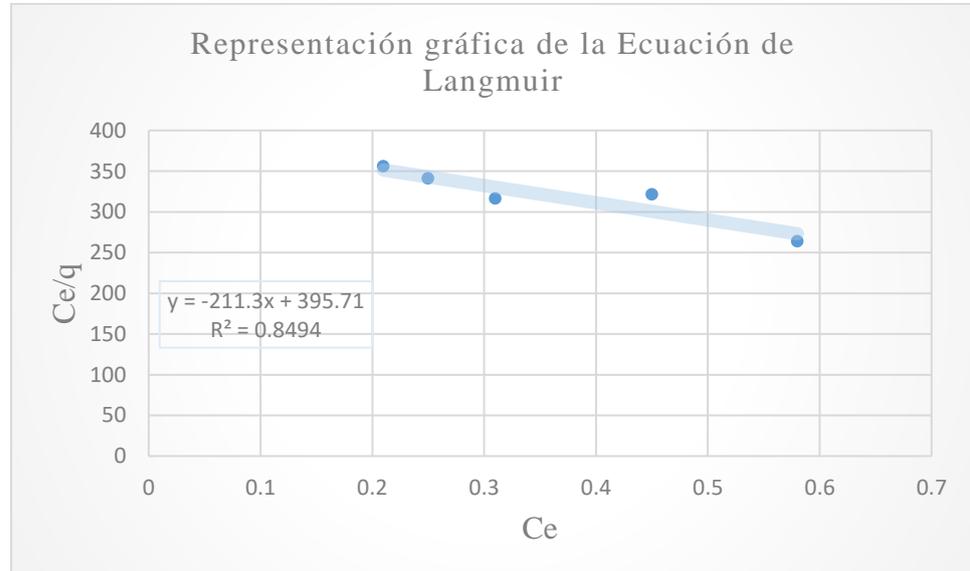


Figura 17 *Isoterma de adsorción de Langmuir para el Arsénico.*



Interpretación y discusión de datos de las ecuaciones de Langmuir

Al comparar las ecuaciones de Langmuir para el arsénico y el plomo, se observó de acuerdo al ajuste lineal en las figuras 16 y 17 se demostró un valor más linealizado para el plomo, determinando mayor cercanía a la unidad con $R^2 =$



0,9652 para el este teniendo una correlación o ajuste de datos alto de acuerdo al valor de R^2 .

4.4.2. Isoterma de Freundlich

Para las gráficas del isoterma de Freundlich, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Log } q = \frac{1}{n} \text{Log } C + \text{Log } K_d$$

Donde:

q : Cantidad adsorbida

C : Cantidad sin adsorber

K_d : Coeficiente de distribución

n : Factor de corrección

Entonces para:

$$q = \frac{x}{m}$$

Donde:

x : Masa del adsorbato(contaminante) adsorbida

m : Masa del adsorbente

Entonces para:

$$x = C_o - C_e$$

Donde:

C_o : Concentración inicial

C_e : Concentración de equilibrio

Obteniéndose las siguientes tablas:

Tabla 20 Valores para el Isoterma de Freundlich – Plomo.

Masa del carbón activado (g)	Ce del adsorbato en la solución (ppm)	$x = C_o - C_e$	$q = x/m$	log C	log q
0	8,29	0,00	0	0,918	0
0,1	6,17	2,12	0,021	0,790	-1,673
0,25	1,71	6,58	0,026	0,234	-1,580
0,5	0,97	7,32	0,015	-0,014	-1,834
0,75	0,80	7,49	0,010	-0,097	-2,001
1	0,26	8,03	0,008	-0,582	-2,095

Tabla 21 Valores para el Isoterma de Freundlich – Arsénico.

Masa del carbón activado	Ce (ppm)	$x = C_o - C_e$	$q = x/m$	log C	log q
0	0,8	0	0	-0,097	0
0,1	0,58	0,22	0,0022	-0,237	-2,658
0,25	0,45	0,35	0,0014	-0,347	-2,853
0,5	0,31	0,49	0,0009	-0,509	-3,009
0,75	0,25	0,55	0,0007	-0,602	-3,135
1	0,21	0,59	0,0006	-0,678	-3,229

Con estas tablas se graficarán los isotermas de Freundlich para el Plomo y el Arsénico.

Figura 18 *Isoterma de adsorción de Freundlich para el Plomo*

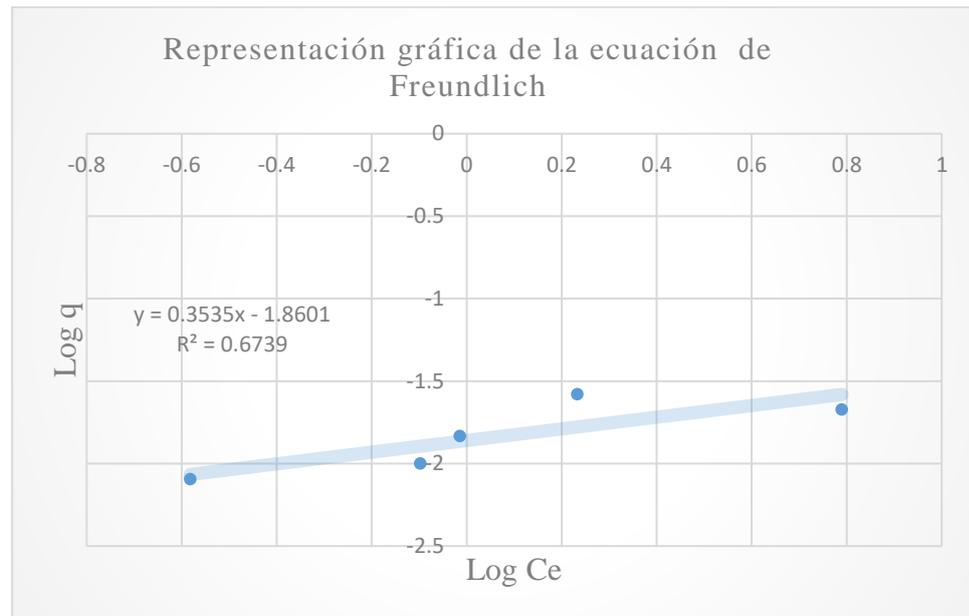
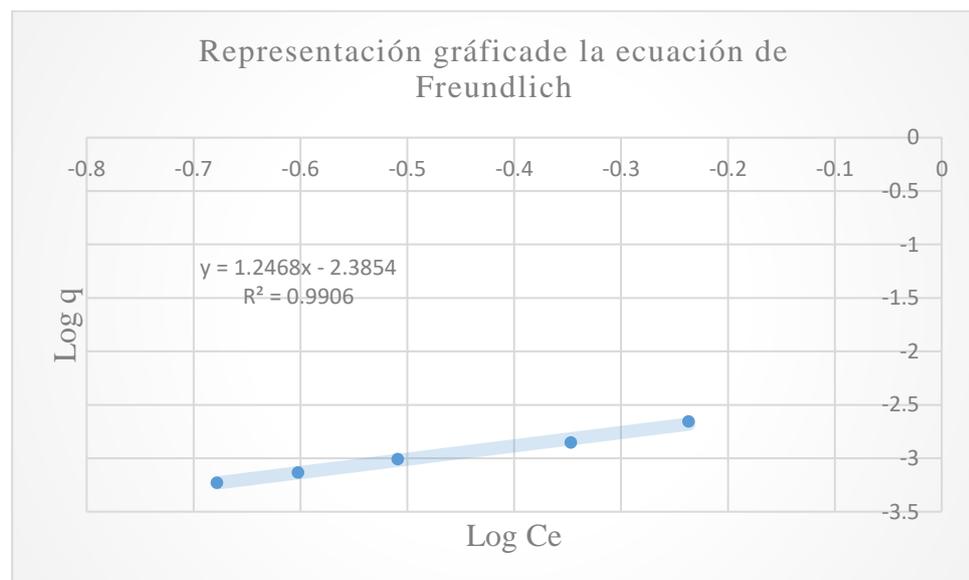


Figura 19 *Isoterma de adsorción de Freundlich para el Arsénico.*



Interpretación y discusión de datos de las ecuaciones de Freundlich

Al comparar las ecuaciones de Freundlich para el arsénico y el plomo, se observó de acuerdo al ajuste lineal en las figuras 18 y 19 se demostró un valor más linealizado para el arsénico, determinando mayor cercanía a la unidad con $R^2 = 0,9906$ para este teniendo una correlación o ajuste de datos alto de acuerdo al valor de R^2 .

En ambos casos se muestran más cercanos a la unidad con $R^2 = 0,9652$ para el plomo con la Ecuación Langmuir y $R^2 = 0,9906$ para el arsénico con la Ecuación de Freundlich; siendo esto resultados comparables a los de Bonifacio & Zegarra (2019) con $R^2 = 0,9657$.

Es así que se extraen los valores de k , b y R^2 , para la ecuación de Langmuir; y k_d , n y R^2 para Freundlich, teniendo las siguientes tablas:

Tabla 22 Ecuación de adsorción Langmuir

Muestra	k	b	R^2
Plomo	1,9204	0,023	0,9652
Arsénico	-0,533	-0,0047	0,8494

Tabla 23 Ecuación de adsorción de Freundlich

Muestra	k_d	n	R^2
Plomo	0,0138	2,8288	0,6739
Arsénico	0,0041	0,8020	0,9906

Entonces se puede concluir de acuerdo a la tabla 22 que la gráfica de Langmuir tiene una mejor correlación de datos de acuerdo al valor de R^2 para el plomo y arsénico en comparación con la tabla 23 es que la gráfica de Freundlich.

4.4.3. Tratamiento de datos de la absorbancia en muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Acasso

Se tomó pruebas iniciales en fecha 16/ 02/ 2022 para ver el porcentaje de arsénico (As^{+5}) y plomo (Pb^{+2}) inicial (mg/L), observándose en la tabla 23 que se había reducido significativamente la concentración tanto en plomo como

arsénico a excepción de la muestra M1 debido a que el pozo tubular ese encontraba inoperativo por fallas técnicas con la bomba.

Para el caso del plomo no se detectaba a precisión, porque la concentración no superaba el valor de cuantificación del método. Por este motivo se optó por no trabajar con la variable de plomo en aguas naturales del centro poblado Villa Asunción Accaso (Anexo B.5, B.6 y B.7).

Tabla 24 Resultados de laboratorio para muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso en fecha 16/02/2022

Fecha:		16/02/2022	
Muestra	Nombre	As (mg/L)	Pb (mg/L)
M1	I.E.P	0,1038	^b < 0,0026
M2	I.E.S	^b < 0,0012	^b < 0,0026
M3	Posta M1	^b < 0,0012	^b < 0,0026

* ^b< valor numérico = límite de cuantificación del método

Fuente: Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-0035

Posterior a este suceso en las instituciones educativas (M1 y M2) se realizó el mantenimiento de infraestructura para el retorno a clases, según D.L. N° 1465 MINEDU era preciso implementar medidas de bioseguridad luego de la Pandemia Covid – 19, para así asegurar el retorno a clases adecuado. Es preciso resaltar que en la posta médica (M3) también se realizó el mantenimiento de pozo tubular, por el mismo motivo de pandemia.

En el inicio del año escolar se volvió a tomar muestras representativas de las tres estaciones (M1, M2 y M3) (Anexo B.8, B.9 y B.10)



Tabla 25 Resultados de concentración inicial para muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso en fecha 21/04/2022.

Fecha:		21/04/2022
Muestra	Nombre	As (mg/L)
M1	I.E.P	^b < 0,0012
M2	I.E.S	0,0031
M3	Posta M1	0,1368

* ^b< valor numérico = límite de cuantificación del método

Fuente: Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-00118, 00119 y 00117

Observándose bajos niveles de concentración de Arsénico con excepción de la posta médica (M3) que supera el ECA. Además, debido a la inoperatividad del pozo tubular de la I.E.P. (M1), el porcentaje de arsénico fue bastante bajo (Anexo K) no superando la concentración del valor de cuantificación del método. Por este motivo se procedió a experimentar la adsorción con carbón activado obtenido de lo tallo de quinua (*Chenopodium quinoa*) con las muestras de la I.E.S. (M2) y la posta médica (M3). Teniendo como resultado la tabla 25 (Anexo B.10 y B.12)

Tabla 26 Resultados concentración final luego de la adsorción para muestras de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso.

Fecha:		30/04/2022
Muestra	Nombre	As (mg/L)
M2	I.E.S	^b < 0,0012
M3	P.M1	0,0098

* ^b< valor numérico = límite de cuantificación del método

Fuente: Informe de ensayo LAS01-AG-AC-22-00152 y 00152.

4.4.4. Evaluación del proceso de adsorción

Capacidad de adsorción

Hallamos q_e (capacidad de adsorción en mg /g) para cada caso adecuando la ecuación:

$$q_e = \frac{(C_o - C_f)}{W} \times V$$

Donde:

q_e : Capacidad de adsorción (mg / g de C A)

C_o : Concentración inicial de adsorbato (mg/L)

C_f : Concentración final de adsorbato en el tiempo (min) (mg/L)

V : Volumen de la solución (L)

w : Masa del adsorbente (g)

Luego, se continúa con la determinación de porcentaje utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ de adsorción} = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100$$

Donde:

C_o : Concentración inicial (mg/L).

C_f : Concentración final (mg/L).

Arsénico

Obteniéndose así, la capacidad de adsorción en la tabla siguiente:

Tabla 27 Capacidad de adsorción de Arsénico frente a carbón activado

Muestra	Nombre	C_o (mg/L)	C_f (mg/L)	q_e (mg/g)
M2	I.E. S	0,0031	0,0012	0,00019
M3	P.M1	0,1368	0,0098	0,01270



Interpretación y discusión de datos de la capacidad de adsorción para el arsénico.

El estudio indica que la cantidad máxima de arsénico adsorbido por el carbón activado obtenido de los tallos de quinua de pozos tubulares en el centro poblado Villa Asunción Accaso fue de 0,0127 mg/g, un valor similar al encontrado en un estudio anterior de Aguirre en 2017 que obtuvo un valor de 0,0171 mg/g.

Estos resultados dan a entender que la capacidad de adsorción del precursor de tallos de quinua es significativa.

Porcentaje de adsorción

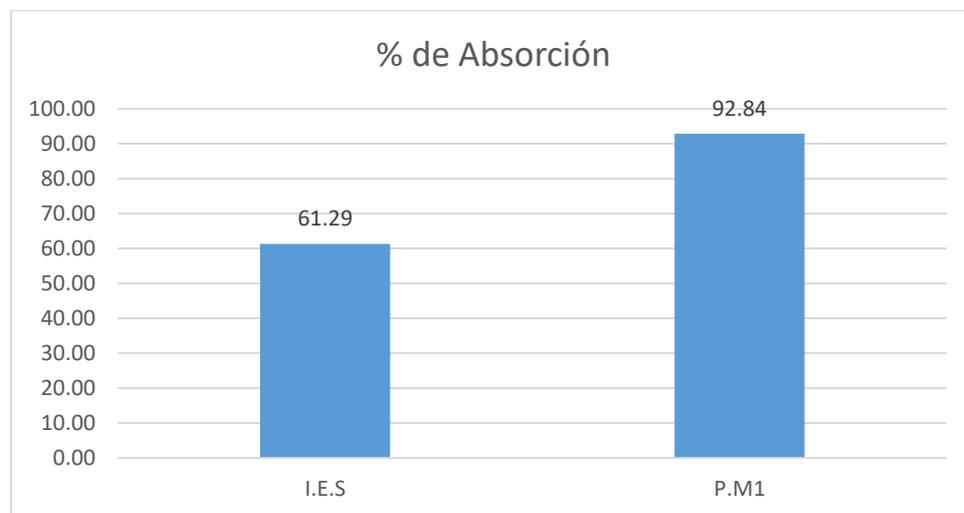
Para el porcentaje de adsorción se tiene la tabla 28:

Tabla 28 *Porcentaje de adsorción con carbón activado para el Arsénico*

Muestra	Nombre	Co (mg/L)	Cf (mg/L)	% de adsorción
M2	I.E.S	0,0031	0,0012	61,29
M3	P.M1	0,1368	0,0098	92,84

Representándose la tabla 28 en la figura 20

Figura 20 Porcentaje de absorción de Arsénico con carbón activado obtenido de los tallos de quinua.



Interpretación y discusión de porcentaje de adsorción de arsénico en aguas de pozos tubulares del centro poblado de villa asunción acceso

La mayor absorción que hubo fue para la muestra M3 (P.M1) que tuvo un porcentaje de absorción de 0,1368 mg/L a 0,0098 mg/L (92,83 %) y el más mínimo fue la muestra M2 que obtuvo un porcentaje de adsorción de 0,0031 mg/L a 0,0012 mg/L (60 %) debido a que el límite de detección por el método de ICP – OES enviado al laboratorio es $b < 0,0012$ tomando este dato de los informes del laboratorio acreditados por INACAL. Esto resultados son comparables a los de Aguirre (2017) con un 70,3 % de adsorción en arsénico con carbon activado obtenido de las semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), considerando que en ambas investigaciones se trabajo con aguas naturales.

Plomo

En el caso del plomo se trabajó con agua sintética elaborada a partir del nitrato de plomo ($Pb(NO_3)_2$) obteniéndose los siguientes niveles de absorción según la experimentación para los isoterma de Langmuir y Freundlich:

Tabla 29 Capacidad de adsorción de Plomo frente a carbón activado.

Muestra	Masa del carbón activado	Co (mg/L)	Cf (mg/L)	q _e (mg/g)
MA_01	0,00	8,29	8,29	0,00
MA_02	0,1	8,29	6,17	2,12
MA_03	0,25	8,29	1,71	2,63
MA_04	0,5	8,29	0,97	1,46
MA_05	0,75	8,29	0,80	0,99
MA_06	1	8,29	0,26	0,80

Nota. Fuente: Informe de análisis de agua N° 35-LA136

Se puede observar que la máxima cantidad de plomo absorbida varía entre 0,80 mg/g a 2,12 mg/g en agua sintética creada en el laboratorio.

Estos resultados dan a entender que la capacidad de adsorción del precursor de tallos de quinua es alta.

Para el porcentaje de adsorción tenemos la tabla 30:

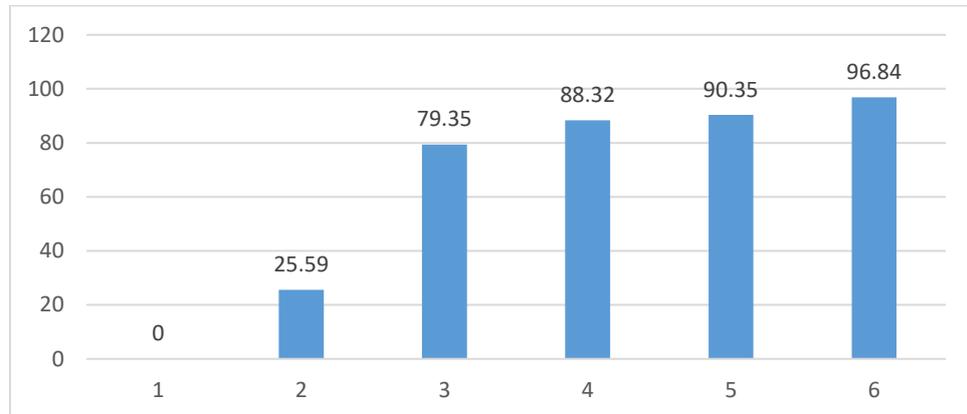
Tabla 30 Porcentaje de adsorción con carbón activado para el Plomo.

Muestra	Co (mg/L)	Cf (mg/L)	% de adsorción
MA_01	8,29	8,29	0,00
MA_02	8,29	6,17	25,59
MA_03	8,29	1,71	79,35
MA_04	8,29	0,97	88,32
MA_05	8,29	0,80	90,35
MA_06	8,29	0,26	96,84

Nota. Fuente: Informe de análisis de agua N° 35-LA136

Representándose la tabla 30 en la figura 21

Figura 21 Porcentaje de absorción de Plomo con carbón activado obtenido de los tallos de quinua.



Interpretación y discusión de datos del proceso de adsorción de plomo en aguas sintéticas.

La mayor absorción que hubo fue para la muestra MA_06 que tuvo un porcentaje de absorción de 8,29 mg/L a 0,26 mg/L (96,84 %) y la menor fue la muestra MA_02 que obtuvo un porcentaje de adsorción de 8,29 mg/L a 6,17 mg/L (25,59 %) en agua sintética creada en el laboratorio. Estos resultados son comparables a los de Bonifacio & Zegarra (2019) con un 94,37 % y mínimo 67,71 % de adsorción de plomo con carbón activado obtenido a partir de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) considerando que en ambas investigaciones se trabajó con aguas sintéticas.



V. CONCLUSIONES

- Se obtuvo carbón activado con buena capacidad de adsorción mediante activación química de ácido fosfórico (H_3PO_4) a tres concentraciones diferentes 36 %, 40 % y 48 % (V/V) a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*) tomando como parámetros la concentración del agente activante, el tiempo óptimo (60 minutos) y temperatura adecuada (500 °C) que son las condiciones de operación que influyen en el proceso.
- A partir de la técnica de adsorción de azul de metileno se evaluó la calidad de los carbones obtenidos a diferentes concentraciones (36 %, 40 % y 48 %) con ácido fosfórico (H_3PO_4) de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*); concluyendo que el mejor carbón activado se obtuvo al 36 % de concentración debido a que presenta buena capacidad de adsorción de azul de metileno (99 %).
- Se logró adsorber As^{+5} mediante el carbón obtenido del tallo de quinua (*Chenopodium quinoa*) por activación química con H_3PO_4 al 36 % de concentración y posteriormente FeCl_3 ; a una dosis de 1 g por 100 ml de muestra de las aguas de pozos tubulares del Centro Poblado Villa Asunción Accaso disminuyendo de una concentración inicial de 0,1368 mg/L a una concentración final de 0,0098 mg/L (92,83 % de adsorción) que es inferior a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (< 0,01 mg/L).
- Se logró Adsorber el Pb^{+2} mediante el carbón activado obtenido a partir del tallo de quinua (*Chenopodium quinoa*) por activación química con H_3PO_4 al 36 % de concentración en agua sintética creada con nitrato de plomo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) en laboratorio disminuyendo de una concentración inicial de 8,29 mg/L a una concentración final de 0,26/mg/L (96,84 % de adsorción).



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los futuros investigadores:

- El estudio de la evaluación del porcentaje de adsorción en otros metales, para así poder describir el comportamiento del carbón activado obtenido de los tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*).
- De igual manera realizar la determinación de los grupos funcionales de los tallos de quinua para conocer los grupos responsables de la remoción de contaminantes inorgánicos.
- Tener en consideración la temperatura de carbonización debido a que el precursor de los tallos de quinua presenta características de volatilidad muy alta.
- Se recomienda el estudio de la evaluación del efecto del pH, para poder descubrir si el carbón activado obtenido a base de los tallos de quinua aumenta o disminuye su capacidad de adsorción; debido a que en esta investigación se trabajó con un pH entre 5,5 -7.
- Se recomienda tomar en cuenta la presencia de arsénico en aguas naturales del centro poblado Villa Asunción Accaso, debido a que, no es constante en un mismo punto y viaja de acuerdo a estaciones del año, por presencia de diversos factores como la gravedad, presencia de rocas, entre otros, así como lo menciona Smith et al. (2018).



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Achaquihui, N. Y. (2017). Adsorción de metales pesados (Pb y As) con Carbono Activado a partir de Semillas de Eucalipto (*Eucalyptus globules*).
- Alhamed, Y. A. (2006). Activated Carbon from Dates' Stone by ZnCl₂ Activation. *Journal of King Abdulaziz University*, 2, 75.
- Almestar Nanfaro, A., Atoche Saavedra, A., Bardales Flores, Y., Castro Reyes, J., & Pingo Elias, A. (2015). Elaboración de carbón activado a partir de cáscaras de coco (*Cocos nucífera*). Piura: UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA. Obtenido de <https://idoc.pub/documents/elaboracion-de-carbon-activado-a-partir-de-cascaras-de-coco-cocos-nucifera-w11p69p2ojlj>
- ANA. (2016). Demarcacion y delimitacion de las Autoridades Administrativas del Agua. En A. N. Agua.
- Arévalo, F., & Reátegui, K. (2020). Calidad y rendimiento del carbón activado de la cáscara del fruto de calabaza (*Curcubita ficifolia*) obtenido por método químico. (F. d. Forestales, & Universidad Nacional Agraria La Molina, Edits.) *Revista Forestal del Perú*, 29. doi:<http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i1.1473>
- Azevedo, D., S. Araújo, J., Bastos Neto, M., B. Torres, A., Jaguaribe, E., & Lureiro cavalcante, C. (23 de Marzo de 2007). Microporous activated carbon prepared from coconut shells using chemical activation with zinc chloride. *ELSEVIER*, 361-364. doi:<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2006.11.024>
- Baird, C., & Cann, m. (2014). *Química ambiental* (Vol. 2). (X. Domènech Antúnez, & O. Domènech Cots, Trad.) Barcelona, Bogota, Buenos Aires, Caracas, Mexico, España, Colombia, Argentina, Venezuela, Mexico: Reverté, S. A., 2014.
- Barrow, G. M. (2002). *Química Física*. Barcelona: REVERTÉ.



- Bartram , J., & Ballenge , R. (1996). Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater. (Organización Mundial de la Salud, & Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambi, Edits.) 15-47. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41851/0419217304_eng.pdf
- Berneth, H. (2008). In Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Azine Dyes. doi:https://doi.org/10.1002/14356007.a03_213.pub3
- Bonifacio Diaz, C., & Zegarra Delzo, M. (2019). Evaluación del tiempo de carbonización y concentración del ácido fosfórico en la preparación de carbón activado a partir de la cáscara de naranja valencia a nivel laboratorio. Huancayo : Universidad nacional del centro del Perú.
- Bundschuh, J., Pérez Carrera, A., & Litter, M. (2008). Distribución en las regiones Ibérica e Iberoamericana. Argentina: CYTED.
- Carbon Solutions, L. (2022). Carbon Solutions, LLC. Obtenido de Carbon Solutions, LLC: https://activatedcarbons.net/?gclid=EAIaIQobChMIjKuA2u-o9gIVjZyGCh2iqg-PEAAYASAAEgKasfD_BwE
- Chand Bansal, R., & Goyal, M. (2005). Actived Carbon Adsorption (Vol. 1). doi:<https://doi.org/10.1201/9781420028812>
- Diersing, N. (Mayo de 2009). Water Quality: Frequently Asked Questions. Obtenido de wikipedia: <https://nmsfloridakeys.blob.core.windows.net/floridakeys-prod/media/archive/scisummaries/wqfaq.pdf>
- Estado Peruano. (12 de Enero de 2021). Pagina Oficial del Estado Peruano. Obtenido de gop.pe: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/324394-el-peru-se-consolida-como-el-primer-productor-y-exportador-mundial-de-quinua>
- FAO, F. (2011). La quinua: Cultivo milenario para Contribuir a la seguridad alimentaria mundial. PROINPA.



- González Navarrete, B. (2017). Desarrollo de carbón activado a partir de desechos agroindustriales con aplicación de adsorción de arsénico. Santiago de Chile : Univesidad de Chile, Facultad de Ciencias físicas y matemáticas, Departamento de Ingeniería química y Biotecnología.
- Hsisheng Teng, & Hung-chi Lin. (Abril de 2004). Activated carbon production from low ash subbituminous coal with CO₂ activation. AICHE, 1170-1177. doi:<https://doi.org/10.1002/aic.690440514>
- INEI. (2020). Instituto Nacional de Estadística e Informática Formas de acceso al Agua y saneamiento Básico. Lima. Obtenido de http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf
- Ioannidou, O., & Zabaniotou, A. (2007). Agricultural residues as precursors for activated carbon production-A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews - ELSEVIER, 11, 1966-2005. doi:10.1016/j.rser.2006.03.013
- Jagtoyen , M., & Derbyshire, F. (1998). Activated carbons from yellow poplar and white oak by H₃PO₄ activation. ELSEVIER, 1085-1097. doi:[https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(98\)00082-7](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(98)00082-7)
- Johnson, D., Ambrose, S., Bassett, T., Bowen, M., Crummey, D., Isaacson, J., . . . Winter-Nelson, A. (01 de Mayo de 1997). Journal of Environmental Quality. Meanings of Environmental terms, 581-589. doi:<https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030002x>
- Lavado Meza, C., Sun Kou, M., & Bendezú, S. (Abril - Junio de 2010). Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H₃PO₄. Revista de la Sociedad Química del Perú. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200007



- Ley General del Ambiente. (Quince de Octubre de 2005). Congreso de la República.
Obtenido de
[chromhttps://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/46BDA80A2F7B1DE5052575C30052CF8D/\\$FILE/Ley_General_de_Ambiente_28611.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/46BDA80A2F7B1DE5052575C30052CF8D/$FILE/Ley_General_de_Ambiente_28611.pdf)
- Ley N° 29 338, L. d. (2009). Ley de Recursos hídricos. Lima: El Peruano. Obtenido de
<https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29338.pdf>
- Lillo Ródenas, M., Cazorla Amorós, D., & Linares Solano, A. (Febrero de 2003).
Understanding chemical reactions between carbons and NaOH and KOH: An
insight into the chemical activation mechanism. *ELSEVIER*, 267-275.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(02\)00279-8](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(02)00279-8)
- Manrique Pino, P. L. (2013). Optimización de la producción de carbón activado a partir
de la cascarilla de arroz y su uso en la adsorción de cromo VI. Arequipa :
Universidad Católica de Santa María .
- Manual del Carbón Activado. (s.f.). Sevilla: Escuela Politécnica Superior .
- Martínez Fierro, M. C. (2012). Preparación y caracterización de carbón activado a partir
de lignina para su aplicación en procesos de descontaminación de aguas. Madrid:
Universidad Autónoma de Madrid.
- Mendoza Fuentes , M. A. (2018). Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua
superficial en el centro poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho, Perú.
Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12256>
- Michael F., H. (2002). Arsenic toxicity and potential mechanisms of action. *Toxicology
Letters*, 133, 1-16. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(02\)00084-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(02)00084-X).
- MIDAGRI. (2021). MIDAGRI. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego:
[https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasde
cultivoemergentes/QUINUA.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasde cultivoemergentes/QUINUA.pdf)



- MINAM. (2017). Ministerio del Ambiente Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Ministerio de Ambiente. (2000). Libro Blanco del Agua en España. Madrid, España.
- MINSA, M. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima: Dirección General de Salud Ambiental. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- Mohammad, A., Israt, J., Mohammad, B. A., Pasilatun, A., Nur, H. M., & Mohammad, S. R. (2014). Preparation of microporous activated carbon and its modification for arsenic removal from water. *Industrial and Engineering Chemistry*, 887-896. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.06.019>.
- Mojica, L., Ramirez, W., Silva, N., Martinez, A., Giraldo, L., & Moreno, J. (2012). Síntesis de carbón activado proveniente de semillas de eucalipto por activación física y química. *Scielo*, 7.
- Molina Sabio, M., & Rodríguez Reinoso, F. (14 de Julio de 2004). Role of chemical activation in the development of carbon porosity. *ELSEVIER*, 15-25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.04.007>
- Molina Sabio, M., Rodríguez Reinoso, F., Caturra, F., & Sellés, M. (1995). Porosity in granular carbons activated with phosphoric acid. *ELSEVIER*, 1105 - 1113. doi:[https://doi.org/10.1016/0008-6223\(95\)00059-M](https://doi.org/10.1016/0008-6223(95)00059-M)
- NASAM. (2013). Negocios Agrícolas San Martín. Obtenido de <http://www.nasmartin.com/quinoa/>
- Navarrete Aguirre, D. F., Quijano Arteaga, N. R., & Vélez Sancán, C. D. (2014). Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser



- usado como medio filtrante. Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral ,
Guayaquil.
- OMS. (15 de Febrero de 2018). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de
Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- P.L Smedly, & D.G Kinniburgh. (2002). A review of the source, behaviour and
distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 517-568.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5).
- Paredes Doig, A. (2011). Estudio de la adsorción de compuestos aromáticos mediante
carbón activado preparado a partir de la cáscara de castaña. Lima: Pontificia
Universidad Católica del Perú.
- Radovic, L., Silva, I., Ume, J., Menéndez, J., Leon y Leon, C., & Scaroni, A. (1997). An
experimental and theoretical study of the adsorption of aromatics possessing
electron-withdrawing and electron-donating functional groups by chemically
modified activated carbons. *ELSEVIER*, 1339-1348.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(97\)00072-9](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(97)00072-9)
- Rey Barroso, A. (2010). catalizadores de hierro carbon activado para la oxidación
catalítica de fenol con peróxido de hidrógeno. Madrid: Instituto de Catálisis y
Petroleoquímica (CSIC).
- Rincón, J., Rincón, S., Guevara, P., Ballén , D., Morales, J., & Monroy, N. (2015).
Producción de carbón activado mediante métodos físicos a partir de carbón de El
cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de
tintorerías. *Scielo*, 171-175. doi:doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.138>
- Rodríguez Reinoso, F. (7 de Julio de 1998). The role of carbon materials in
heterogeneous. *ELSEVIER*, 36(3), 159-175. doi:[https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(97\)00173-5](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(97)00173-5)



- Rodríguez Reinoso, F. (2009). "Retos Actuales en la Síntesis y Aplicación de Carbones Activados". 1° Simposio sobre Adsorción, Adsorbentes y sus.
- Rojas , W. (1998). Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua de Bolivia mediante metodos multivariados. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias, Chile.
- Rojas Morales, J. L., Gutiérrez Gonzáles, E., & Colina Andrade, G. (Diciembre de 2016). Obtencion y caracterización de carbón activado obtenido de lodos de plantas de tratamiento de agua residual de una industria avícola. SciELO. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432016000400453
- Ruiz Menendez, A. P. (2018). Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L. Obseck) y su aplicación como absorbente de plomo (II) en disolución acuosa. Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4043/ruiz-menendez-amparo-patricia.pdf?sequence=1>
- Sepúlveda , A., & Bustamante, F. (2008). Adsorbentes para la eliminación de COVs. En Eliminación de emisiones atmosféricas de COVs por catálisis y adsorción. Argentina: Cooperación Iberoamericana.
- Smith, R., Knight, R., & Fendorf, S. (2018). Overpumping leads to California groundwater arsenic threat. Nature. doi:10.1038/s41467-018-04475-3
- WWAP, W. W., Franek, A., Koncagul, E., Connor, R., & Hunziker, D. (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. UNESCO 2015.
- Yampasi Caceres, O. (2017). Absorción de carbón activado de tallos y hojas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), para la recuperación del oro en la Minera Colibrí S.A.C. Puno, Puno.



Youssef, A., Radwan, N., Gawad, A., & Singer, G. (20 de Junio de 2005). Textural properties of activated carbons from apricot stones. *ELSEVIER*, 252, 143-151.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.09.008>

Zevallos Rojas, C. A. (2018). Obtención de carbon activado a partir de residuos organicos de *Gypsophila elegans* (Ilusion) del distrito de Cayma y su Evaluacion como Adsorbente de Plomo II en solución acuosa. Universidad Nacional de San Agustin, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7792/CNMzeroca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



ANEXOS

Anexo A SOLICITUDES DE AUTORIZACIÓN

Aneo A.1 SOLICITUD DE PERMISO PARA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN I.E.P N° 700332 ACCASO.

**SOLICITO: Permiso para realizar trabajo de
investigación**

SEÑOR DIRECTOR DE LA I.E.P. N° 700332 ACCASO

Yo, NORKA ROSMERY ASQUI CABRERA,
identificada con DNI N° 70296977 con domicilio
Jirón Ancash N° 561 del barrio Orkapata. Ante
Usted respetuosamente me presento y expongo.

Que habiendo culminado la carrera profesional de
Ingeniería Química en la Universidad Nacional del Altiplano Puno, solicito a usted permiso
para realizar trabajo de investigación en su institución sobre metales As y Pb en agua de pozo,
para optar el grado en Ingeniería.

POR LO EXPUESTO

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

Puno, 24 de Noviembre del 2021


NORKA ROSMERY ASQUI CABRERA
DNI N° 70296977



Ruben Castillo Romero
DIRECTOR

Recibido
4-08-2021
1:10 PM



Anexo A.2

SOLICITUD DE PERMISO PARA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

I.E.S. TÉCNICO AGROINDUSTRIAL ACCASO.

SOLICITO: Permiso para realizar trabajo de investigación

SEÑOR DIRECTOR DE LA I.E.S. TÉCNICO AGROINDUSTRIAL ACCASO

Yo, NORKA ROSMERY ASQUI CABRERA, identificada con DNI N° 70296977 con domicilio Jirón Ancash N° 561 del barrio Orkapata. Ante Usted respetuosamente me presento y expongo.

Que habiendo culminado la carrera profesional de Ingeniería Química en la Universidad Nacional del Altiplano Puno, solicito a usted permiso para realizar trabajo de investigación en su institución sobre metales As y Pb en agua de pozo, para optar el grado en Ingeniería.

POR LO EXPUESTO

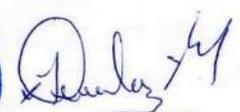
Ruego a usted acceder a mi solicitud.

Puno, 24 de Noviembre del 2021.



NORKA ROSMERY ASQUI CABRERA
DNI N° 70296977




DNE 01875492
Recibido
04/12/2021
hora 1:05 PM



Anexo A.3

SOLICITUD DE PERMISO PARA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PUESTO DE SALUD ACCASO.

SOLICITO: Permiso para realizar trabajo de investigación.

Wilma Mamani Ccalli
Responsable del Puesto de salud Accaso

Yo, Norka Rosmery Asqui Cabrera, identificada con DNI N° 70296977, con domicilio en Jirón Ancash 561 Barrio Orkapata de Puno. Ante Ud Respetuosamente me presento y expongo:

Que habiendo culminado la carrera de Ingeniería Química en la Universidad Nacional del Altiplano Puno, solicito a Ud. Permiso para realizar trabajo de Investigación en su Institución sobre " Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua en pozas del centro poblado de Villa Asunción Accaso, Distrito de Pilcuyo, Provincia de Collao – llave " para optar el grado de Ingeniero Químico.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a Ud. acceder a mi solicitud


Norka Rosmery Asqui Cabrera

DNI N° 70296977

04-08-21

12:50 hrs.



Anexo B REPORTE DE LABORATORIO

Anexo B.1 CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA – 001300.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Nº 001300

LQ - 2021

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: POZO TUBULAR (I.E.P. ACCASO)

PROCEDENCIA : POZO TUBULAR (I.E.P. ACCASO), C.P. VILLA ASUNCIÓN ACCASO, DISTRITO DE PILCUYO, PROVINCIA DE COLLAO ILAVE-PUNO

INTERESADO : NORKA ROSMERI ASQUI CABRERA

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTREO : 01/09/2021, por el interesado

ANÁLISIS : 01/09/2021

COD. MUESTRA : B009-000271

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH	:	7.72
Temperatura	:	15 °C
Conductividad Eléctrica	:	48.50 µS/cm

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	252.96	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	451.00	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	51.98	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	:	2.00	mg/L
Nitratos como NO ₃ ⁻	:	208.13	mg/L
Calcio como Ca ⁺⁺	:	39.39	mg/L
Magnesio como Mg ⁺⁺	:	37.55	mg/L
Sólidos Totales	:	23.40	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	0.00	%
Turbidez	:	5	NTU

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM, con excepción de los nitratos que sobre pasa los LMP. Indicando que **NO es APTO.**

Puno, C.U. 13 de setiembre del 2021.

VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CP - 182293



Walter H. Aragón Pilla
DECANO FIQ - UNA



Ruben Castillo Romero
DIRECTOR DNI 01843889
RECIBIDO : 24-11-2021
HORA 12:03 PM

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190



Anexo B.2

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA – 001302.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD




Nº 001302

LQ - 2021

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: POZO TUBULAR (I.E.S.T.A.A.)

PROCEDENCIA : POZO TUBULAR (I.E.S. T.A.A.), C.P. VILLA ASUNCIÓN ACCASO, DISTRITO DE PILCUYO, PROVINCIA DE COLLAO ILAVE-PUNO

INTERESADO : NORKA ROSMERI ASQUI CABRERA

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTREO : 01/09/2021, por el interesado

ANÁLISIS : 01/09/2021

COD. MUESTRA : B009-000271

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH	:	7.53	
Temperatura	:	15 °C	
Conductividad Eléctrica	:	55.00	µS/cm

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	244.16	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	495.20	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	42.99	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	:	2.40	mg/L
Nitratos como NO ₃ ⁻	:	57.26	mg/L
Calcio como Ca ⁺⁺	:	47.02	mg/L
Magnesio como Mg ⁺⁺	:	30.78	mg/L
Sólidos Totales	:	27.50	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	0.00	%
Turbidez	:	5	NTU

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM.. Indicando que es APTO Para cultivos de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas.

Puno, C.U. 13 de setiembre del 2021.

VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE CALIDAD DE CONTROL DE CALIDAD
FIG - 1874 - 13º - 192510



Walter B. Aragón, Ph.D.
DECANO F.I. QUÍMICA



DNE 01875472

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190



Anexo B.3

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA - 001301



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD ACREDITADA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD




Nº 001301

LQ - 2021

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: POZO TUBULAR (POSTA MEDICA)

PROCEDENCIA : POZO TUBULAR (POSTA MEDICA), C.P. VILLA ASUNCIÓN ACCASO, DISTRITO DE PILCUYO, PROVINCIA DE COLLAO ILAVE-PUNO

INTERESADO : NORKA ROSMERI ASQUI CABRERA

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTREO : 01/09/2021, por el interesado

ANÁLISIS : 01/09/2021

COD. MUESTRA : B009-000271

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH	:	7.68	
Temperatura	:	15 °C	
Conductividad Eléctrica	:	44.30	µS/cm

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO ₃	:	234.24	mg/L
Alcalinidad como CaCO ₃	:	493.80	mg/L
Cloruros como Cl ⁻	:	49.98	mg/L
Sulfatos como SO ₄ ²⁻	:	0.00	mg/L
Nitratos como NO ₃ ⁻	:	16.83	mg/L
Calcio como Ca ⁺⁺	:	63.31	mg/L
Magnesio como Mg ⁺⁺	:	18.46	mg/L
Sólidos Totales	:	22.10	mg/L
Porcentaje de salinidad	:	0.00	%
Turbidez	:	5	NTU

INTERPRETACIÓN

I.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que es APTO Para cultivos de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas.

Puno, C.U. 13 de setiembre del 2021.

vºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
MANAJERA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FNO - 12068 - CIP - 130293



Walther B. Apaza Anagón, Ph.D.
DECANO - FID - UNA



ING. VILMA ROSMERI CASILLI
ENFERMERA
C.P. Nº 47561
Recibido
24-11-21

Ciudad Universitaria Av. Floral s/n Facultad de Ing. Química - Telefax: (051) 366190 Hora: 11:29

Anexo B.4

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-21-00386



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00386 Página 1 de 3
Fecha de emisión: 11/09/2021 Clave generada : 49FF32E5

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : -

PROTOCOLO DE MUESTREO

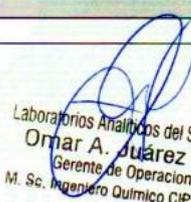
Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY Fecha de recepción : 02/09/2021
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 263-21 Fecha de ensayo : 02/09/2021
Plan de muestreo : Muestreo por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000706	M1-ACCASO	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	C.P. VILLA ASUNCION ACCASO / PILCUYO / EL COLLAO ILAVE / PUNO	16°02'44"S - 69°28'32" W	01/09/2021	11:30

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

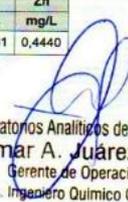
INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00386 Página 2 de 3
Fecha de emisión: 11/09/2021 Clave generada : 49FF32E5

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		800		802												
		As mg/L	Hg mg/L	Ag mg/L	Al mg/L	B mg/L	Ba mg/L	Be mg/L	Ca mg/L	Cd mg/L	Co mg/L	Cr mg/L	Cu mg/L	Fe mg/L	K mg/L			
AG21000706	M1-ACCASO	0,0150	b<0,00041	b<0,0024	0,033	b<0,0053	0,09082	b<0,000079	48,8	0,00063	0,001199	b<0,00039	0,0286	0,720	11,4			

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802													
		Li mg/L	Mg mg/L	Mn mg/L	Mo mg/L	Na mg/L	Ni mg/L	P mg/L	Pb mg/L	Sb mg/L	Se mg/L	SiO2 mg/L	Sn mg/L	Sr mg/L	Ti mg/L
AG21000706	M1-ACCASO	0,00709	14,93	1,7280	0,00675	14,2	0,00322	0,3587	0,0151	b<0,00049	b<0,002	17,96	0,00722	0,4338	0,00401

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802		
		Ti mg/L	V mg/L	Zn mg/L
AG21000706	M1-ACCASO	b<0,0013	0,00781	0,4440



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00386

Fecha de emisión: 11/09/2021

Página 3 de 3
Clave generada : 49FF32E5

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio Total (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Metales Totales (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L

a : Limite detección b : Limite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe
vía web





Anexo B.5

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-22-00035



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00035 Página 1 de 3
Fecha de emisión: 18/02/2022 Clave generada : AC1E50

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : INVESTIGACIÓN

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY Fecha de recepción : 16/02/2022
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 035-22 Fecha de ensayo : 16/02/2022
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente Nro de muestras : 1
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000082	M1.1 - ACCASO	Agua de Proceso - Agua Purificada	EL COLLAO - ILAVE / CENTRO POBLADO VILLA ASUNCION ACCASO - IES 70332	16°04'52" / 69°47' 14"	15/02/2022	11:37

Condiciones de recepción de la muestra
Al ambiente

Observación
-


 Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

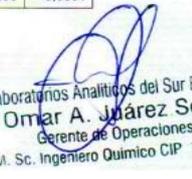
INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00035 Página 2 de 3
Fecha de emisión: 18/02/2022 Clave generada : AC1E50

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796							802						
		As	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu			
AG22000082	M1.1 - ACCASO	b<0,0012	0,0062	0,169	0,2218	b<0,00066	b<0,000079	16,2	b<0,00011	b<0,000094	b<0,00039	b<0,002			

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802											
		Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se
AG22000082	M1.1 - ACCASO	0,063	9,47	0,11455	4,828	0,00482	b<0,00038	9,71	b<0,00051	30,69	b<0,0026	b<0,00049	b<0,002

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802						
		SiO ₂	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn
AG22000082	M1.1 - ACCASO	3,515	b<0,00085	0,2041	0,00302	b<0,0013	0,00493	b<0,0031


 Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Anexo B.6

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-22-00030



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00030

Página 1 de 3

Fecha de emisión: 18/02/2022

Clave generada : 70C6EADF

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : INVESTIGACIÓN

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 035-22
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 16/02/2022
Fecha de ensayo : 16/02/2022

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000078	M2 - ACCASO	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	EL COLLAO - ILAVE / CENTRO POBLADO VILLA ABUNCION ACCASO - IEP 70332	16° 02'44" / 69°28'15"	13/02/2022	15:50

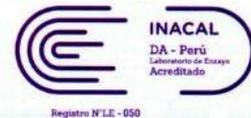
Condiciones de recepción de la muestra	
Al ambiente	
Observación	
-	

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00030

Página 2 de 3

Fecha de emisión: 18/02/2022

Clave generada : 70C6EADF

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802										
		As	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu
AG22000078	M2 - ACCASO	0,1038	0,0080	0,145	0,5259	0,02010	≤<0,000079	58,4	≤<0,00011	≤<0,000094	≤<0,00039	≤<0,002

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802											
		Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se
AG22000078	M2 - ACCASO	0,156	132	0,15916	21,13	0,02812	≤<0,00038	58,7	≤<0,00051	10,28	≤<0,0026	≤<0,00049	≤<0,002

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802						
		SiO2	Sn	Sr	Ti	V	Zn	
AG22000078	M2 - ACCASO	14,97	≤<0,00085	0,8218	0,00611	≤<0,0013	0,07931	≤<0,0031

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Anexo B.7

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-22-00032



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00032

Fecha de emisión: 18/02/2022

Página 1 de 3

Clave generada : 9EC88BF3

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : INVESTIGACIÓN

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 035-22
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 16/02/2022
Fecha de ensayo : 16/02/2022

Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000079	M3 - ACCASO	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	EL COLLAO - ILAVE / CENTRO POBLADO VILLA ASUNCION ACCASO - IES 70332	18°04'52" / 69°47' 14"	13/02/2022	16:20

Condiciones de recepción de la muestra	
Al ambiente	
Observación	

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00032

Fecha de emisión: 18/02/2022

Página 2 de 3

Clave generada : 9EC88BF3

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796				802						
		As	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu
AG22000079	M3 - ACCASO	b<0,0012	0,0096	0,041	0,2623	0,01743	b<0,000079	62,9	b<0,00011	b<0,000094	b<0,00039	b<0,002

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802											
		Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se
AG22000079	M3 - ACCASO	0,115	12,7	0,12081	11,83	0,05237	b<0,00038	24,8	b<0,00051	0,0220	b<0,0026	b<0,00049	b<0,002

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802						
		SiO2	Sn	Sr	Ti	V	Zn	
AG22000079	M3 - ACCASO	8,758	b<0,00085	0,6280	0,00364	b<0,0013	0,00854	b<0,0031

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Anexo B.8

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-22-00118



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00118

Fecha de emisión: 28/04/2022

Página 1 de 3
Clave generada : 4DE96A58

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : -

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 081-22
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 21/04/2022
Fecha de ensayo : 21/04/2022
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000225	I.E.P. ACCASO	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	CENTRO POBLADO ACCASO - PILCUYO - EL COLLADO - ILAVE - PUNO	-16.045361, -69.470751	19/04/2022	11:45

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00118

Fecha de emisión: 28/04/2022

Página 2 de 3
Clave generada : 4DE96A58

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796
		As
		mg/L
AG22000225	I.E.P. ACCASO	<0,0012


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Anexo B.9

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-22-00119



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00119 Página 1 de 3
Fecha de emisión: 28/04/2022 Clave generada : 3AEE5ACE

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : -

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY Fecha de recepción : 21/04/2022
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 081-22 Fecha de ensayo : 21/04/2022
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000226	I.E.S. ACCASO	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	CENTRO POBLADO ACCASO - PILCUYO - EL COLLADO - ILAVE - PUNO	-18.045594, -69.471692	19/04/2022	12:30

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado
Observación
-


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N°LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00119 Página 2 de 3
Fecha de emisión: 28/04/2022 Clave generada : 3AEE5ACE

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796 As mg/L
AG22000226	I.E.S. ACCASO	0,0031


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Anexo B.10

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-22-00152



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00152
Fecha de emisión: 5/05/2022

Página 1 de 3
Clave generada : C9504642

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : -

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 101-22
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 30/04/2022
Fecha de ensayo : 30/04/2022
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000283	I.E.S. - ACCASO	Agua de Proceso - Agua Purificada	CENTRO POBLADO ACCASO / PILCUIYO / EL COLLADO / ILAVE / PUNO	-16.045594, -69.471692	29/04/2022	13:00

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00152
Fecha de emisión: 5/05/2022

Página 2 de 3
Clave generada : C9504642

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796 As mg/L
AG22000283	I.E.S. - ACCASO	b<0,0012


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Anexo B.11

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-22-00117



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00117 Página 1 de 3

Fecha de emisión: 28/04/2022 Clave generada : DD5677C9

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : -

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY Fecha de recepción : 21/04/2022
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 081-22 Fecha de ensayo : 21/04/2022
Plan de muestreo : Muestreo por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000224	C.P. ACCASO 01	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	CENTRO POBLADO ACCASO - PILCUYO - EL COLLADO - ILAVE - PUNO	-16.045977, -69.475894	19/04/2022	11:17

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE
ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00117 Página 2 de 3

Fecha de emisión: 28/04/2022 Clave generada : DD5677C9

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796
		As mg/L
AG22000224	C.P. ACCASO 01	0,1368


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

Anexo B.12

INFORME DE ENSAYO LAS-AG-AC-22-00153

 **Laboratorios Analíticos del Sur**
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

 **INACAL**
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00153 Página 1 de 3
Fecha de emisión: 5/05/2022 Clave generada : BE5776D4

Señores : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Dirección : PUNO
Atención : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY
Proyecto : -

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ASQUI CABRERA NORKA ROSMERY Fecha de recepción : 30/04/2022
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 101-22 Fecha de ensayo : 30/04/2022
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente Nro de muestras : 1
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG22000284	POSTA ACCASO 01	Agua de Proceso - Agua Purificada	CENTRO POBLADO ACCASO / PILCUYO / EL COLLAO / ILAVE / PUNO	-16.045977, -69.476894	29/04/2022	13:31

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

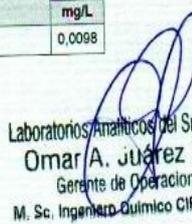
 **Laboratorios Analíticos del Sur**
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050

 **INACAL**
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-22-00153 Página 2 de 3
Fecha de emisión: 5/05/2022 Clave generada : BE5776D4

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796 As mg/L
AG22000284	POSTA ACCASO 01	0,0098


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426



Anexo B.13

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA N° 5-LA136



Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA

N° 35-LA136

ASUNTO: Análisis del metales pesados por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES
PROCEDENCIA: Agua Artificial de Pb

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136
N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES
FECHA DE INGRESO: 04/10/2022
TIPO DE SERVICIO: Único

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS AGUA

EMPAQUE PRIMARIO: botellas de vidrio
TIPO DE MUESTRA: AGUA
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: Análisis de Plomo
Solicitante: Norka Rosmery Asqui Cabrera

TEMPERATURA DEL RECIPIENTE: Ambiente
 Refrigeración
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 05/10/2022

Código de muestra	ANALISIS	Pb (ppm)	METODO DE ENSAYO	% RSD
MA_01	Agua Artificial	8.29	Método de ensayo directo -ICP-AES	13.69
MA_02	Agua Artificial	6.17	Método de ensayo directo -ICP-AES	2.78
MA_03	Agua Artificial	1.71	Método de ensayo directo -ICP-AES	8.42
MA_04	Agua Artificial	0.97	Método de ensayo directo -ICP-AES	5.87
MA_05	Agua Artificial	0.80	Método de ensayo directo -ICP-AES	3.36
MA_06	Agua Artificial	0.26	Método de ensayo directo -ICP-AES	2.26

W.Sc. Fidel Huasa Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FIM UNA



Anexo B.14

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA N° 35-LA136



Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA

N° 36-LA136

ASUNTO: Análisis de metales pesados por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES
PROCEDENCIA: Agua Natural del C.P. Villa Asunción Accaso, Distrito de Pilcuyo, Provincia El Collao llave, Departamento de Puno

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136
N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES
FECHA DE INGRESO: 31/09/2022
TIPO DE SERVICIO: Único

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS AGUA

EMPAQUE PRIMARIO: botellas de vidrio
TIPO DE MUESTRA: AGUA
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: Análisis de Arsénico
Solicitante: Norka Rosmery Asqui Cabrera

TEMPERATURA DEL RECIPIENTE: Ambiente
 Refrigeración
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 05/10/2022

Código de muestra	ANALISIS	As (ppm)	METODO DE ENSAYO	% RSD
MA_01	Agua Artificial	0.80	Método de ensayo directo -ICP-AES	49.12
MA_02	Agua Artificial	0.58	Método de ensayo directo -ICP-AES	20.43
MA_03	Agua Artificial	0.45	Método de ensayo directo -ICP-AES	43.98
MA_04	Agua Artificial	0.31	Método de ensayo directo -ICP-AES	15.23
MA_05	Agua Artificial	0.25	Método de ensayo directo -ICP-AES	56.04
MA_06	Agua Artificial	0.21	Método de ensayo directo -ICP-AES	52.30



M.Sc. Fidel Anisco Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FIM UNA

Anexo C GALERÍA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LA PARTE EXPERIMENTAL

Anexo C.1 Fotografía 1 : Posta médica de Accaso



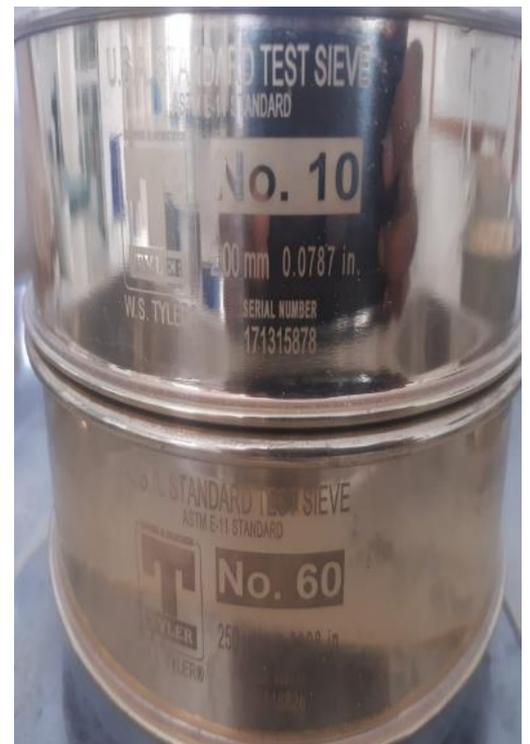
Anexo C.2 Fotografía 2 : I.E.S. Técnico Agroindustrial Accaso.



Anexo C.3 Fotografía 3 : I.E.P. N° 70 332 Accaso – pozo tubular



Anexo C.4 Fotografía 4 : Tratamiento luego del secado de los tallos - tamizado



Anexo C.5 Fotografía 5 : Preparación de la concentración del agente activante



Anexo C.6 Fotografía 6 : Impregnación del agente activante



Anexo C.7 Fotografía 7 : Carbonización del precursor



Anexo C.8 Fotografía 8 : Secado del carbón activado luego del lavado



Anexo C.9 Fotografía 9 : Calibración del espectrofotómetro UV con la solución patrón



Anexo C.10 Fotografía 9 : Muestras llevadas a agitación para la evaluación con azul de metileno



Anexo C.11 Fotografía 10 : Filtrado y lectura de las muestras.





AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Norka Rosmery Asqui Cabrera identificado con DNI 70296977 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Química
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Adsorción de metales As y Pb en aguas de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso-Pilcayo con carbón activado obtenido de tallos de quinua (Chenopodium-quinua)"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

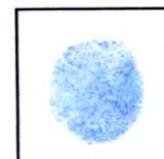
Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 04 de mayo del 20 23


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Norka Rosmary Asqui Cabrera
identificado con DNI 70296977 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“Adsorción de metales As y Pb en aguas de pozos tubulares del centro poblado Villa Asunción Accaso - Pilcuyo con carbón activado obtenido de tallos de quinua (Chenopodium - quinoa)”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 04 de mayo del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella