



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Efecto de la totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico
en la disminución de arsénico en las aguas subterráneas en el distrito
de Caracoto**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Saenz Gomez, Nelida Eva (orcid.org/0000-0002-4812-0453)

Vilca Neyra, Rolando (orcid.org/0000-0002-5906-0281)

ASESOR:

Dr. Quezada Alvarez, Medardo Alberto (orcid.org/0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a nuestro señor Dios por fortalecerme cuando pierdo fuerzas, mis padres Vicente y Andrea por su apoyo constante, a Mamá grande Dominga y a mis hermanos Roger, Ubaldo y Susy que me inspiran para continuar con mi desarrollo profesional.

Rolando Vilca Neyra

El presente trabajo de investigación dedico a Dios en primer lugar por cuidarme y guiarme en mi camino, agradezco a dios por escogerme a personas más importantes en mi vida que son mis padres, agradezco a mis padres por su apoyo incondicional, por su dedicación, buenos consejos, a mis hermanos por su apoyo moral, a mi abuelito José por cuidarme y protegerme desde el cielo.

Nelida Eva Saenz Gomez

Agradecimiento

Agradecemos a nuestro Jesús nuestro salvador, a nuestros padres que siempre están pendientes por nuestro desarrollo profesional.

Agradecer a nuestro asesor Dr. Medardo Alberto Quezada Alvarez, por su paciencia y ayuda pedagógica en el desarrollo y culminación satisfactoria de nuestra tesis.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN.....	24
VI. CONCLUSIONES.....	28
VII. RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS	38

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Propiedades químicas de los tallos de la totora</i>	8
Tabla 2. <i>Concentración de arsénico de las aguas subterráneas</i>	17
Tabla 3. <i>Remoción de arsénico con biomasa seca de tallo de totora</i>	18
Tabla 4. <i>Remoción promedio de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora</i>	19
Tabla 5. <i>Remoción de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora activada con FeCl₃</i>	19
Tabla 6. <i>Remoción promedio de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora activada con FeCl₃</i>	20
Tabla 7. <i>Análisis de varianza (ANOVA) de tratamiento de biomasa seca de tallo de totora</i>	22
Tabla 8. <i>Análisis de varianza (ANOVA) de tratamiento de biomasa seca de tallo de totora activada con FeCl₃</i>	23

Índice de figuras

Figura 1. Puntos de obtención de muestra de agua subterránea.....	11
Figura 2. Puntos de muestreo de aguas subterráneas.....	12
Figura 3. Ubicación de recolección de plantas de totora.....	12
Figura 4. Preparación de polvo de biomasa seca de tallo de totora.....	13
Figura 5. Modificación con FeCl_3 de biomasa seca de tallo de totora	14
Figura 6. Tratamientos para remoción de arsénico.....	15
Figura 7. Remoción de arsénico con tratamientos de biomasa seca de tallo de totora activada con FeCl_3	21
Figura 8. Porcentaje de remoción con tratamiento de biomasa seca de tallo de totora activada con FeCl_3	22
Figura 9. Efecto de la dosis absorbente (gm/L) en la eficiencia de eliminación de arsénico.....	25

RESUMEN

Actualmente existen muchas técnicas para la remoción de metales pesados, en este caso el metaloide arsénico, dichas técnicas algunas veces suelen ser costosos, la investigación realizada tuvo como objetivo general determinar el efecto de la totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico en la reducción de arsénico en aguas subterráneas en el distrito de Caracoto 2022. El diseño de investigación utilizado fue de naturaleza experimental correspondiente al tipo pre experimental, se empleó el diseño factorial (3^2) para el modelamiento matemático del proceso de remoción de iones de As, el cual consistió en 3 niveles y dos factores, los factores de la variable independiente fueron la dosis de la biomasa y el tipo de pH, se realizó tratamientos con biomasa seca de tallo de totora, también se hizo tratamientos con biomasa seca de tallo de totora modificada con $FeCl_3$, los cuales tuvieron un efecto positivo, más aún cuando se activa la biomasa seca de totora con $FeCl_3$ el cual tiene una eficiencia de remoción del 87.6%, en cambio la biomasa seca de tallo de totora solo alcanza el 72.9 % con respecto a la remoción de arsénico.

Palabras clave: Reducción, arsénico, totora, dosis, pH.

ABSTRACT

Currently there are many techniques for the removal of heavy metals, in this case the metalloid arsenic, these techniques sometimes tend to be expensive, the general objective of the research was to determine the effect of cattail (*Schoenoplectus californicus*) and ferric chloride in the reduction of arsenic in groundwater in the district of Caracoto 2022. The research design used was experimental in nature corresponding to the pre-experimental type, the factorial design (3^2) was used for the mathematical modeling of the As ion removal process, which consisted of 3 levels and two factors, the factors of the independent variable were the biomass dose and the type of pH, treatments were carried out with dry biomass of cattail stems, and treatments were also carried out with dry biomass of cattail stems modified with FeCl_3 , which had a positive effect, even more so when the dry biomass of cattail is activated with FeCl_3 , which has a removal efficiency of 87.6%, while the dry biomass of cattail stems modified with FeCl_3 has a removal efficiency of 87.6%. On the other hand, the dry biomass of cattail stems only reached 72.9% with respect to arsenic removal.

Keywords: Reduction, arsenic, cattail, dosage, pH.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación por arsénico (As) en aguas naturales es un problema de naturaleza global; tiene amplia atención porque tiene efectos negativos en organismos acuáticos y es cancerígeno (Yin et al., 2022, p. 1). Estos metaloides cancerígenos pueden provocar diversos padecimientos como melanosis, tumores, hipertensión, también padecimientos pulmonares y otros tipos de cáncer de riñón, hígado piel, pulmón y vejiga, el arsénico puede ingresar al interior de las células de las personas de diferentes maneras y en grandes concentraciones que prevalecen en el cuerpo pueden causar una intoxicación grave, que deteriora la salud y la prosperidad en las personas, de igual forma en la flora y fauna (Singh et al., 2020, p. 175).

Más de 230 millones de personas, en muchos países, en Asia, Europa, África, América del Sur y el norte, y Australia, están expuestas a aguas subterráneas o superficiales contaminadas con arsénico inorgánico o aguas superficiales a niveles superiores al valor guía provisional de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ (Alidokht et al., 2021, p. 2), muchos países han informado de la contaminación por arsénico, especialmente los países del sur de Asia, como Bangladesh y la India. En muchas partes del mundo se encuentra una mayor concentración de (As) en las aguas subterráneas. El Ministerio de Agua Potable y Saneamiento del Gobierno de la India informó de que 17 distritos de Uttar Pradesh, India, se han visto afectados recientemente por la contaminación por arsénico (Marlar et al., 2020, p. 391).

El elemento químico arsénico dentro del componente del agua es una cuestión inmensamente alarmante, a través de investigaciones se llega a la conclusión que éste metal se encuentra en varias regiones de nuestro país, tales como en Arequipa, Puno, Tacna y Tarma, los mismos que pasan un 0.0566 mg/L , el límite de $0,01 \text{ mg/L}$ establecido por la Organización Mundial de la Salud. En nuestro país el Perú está señalado en esas cantidades según la normativa de aguas (D.S.N° 031-2010-SA.).

En la ciudad de Juliaca la contaminación de As en las aguas subterráneas es un inconveniente para la población que no tiene agua potable, según estudios se hallaron concentraciones de As con una media de $73.5 \mu\text{g L}^{-1}$ el mismo que supera el LMP de $10 \mu\text{g L}^{-1}$ que establece la OMS (Mamani, 2019, p. 31).

Para la remoción de As, se hizo el uso de la biomasa seca de tallo de la totora el cual contiene dentro de sus componentes fibras de celulosa el cual por atracción electrostática remueve los iones del As, para más efectividad se modifica con FeCl_3 .

Ante lo expuesto, se planteó para este estudio el siguiente problema general: ¿Cuál será efecto de la totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico en la reducción de arsénico en las aguas subterráneas del distrito de Caracoto 2022?

La justificación del trabajo de investigación se basó en proporcionar una forma para la disminución de arsénico de las aguas subterráneas, para lo cual se utiliza la biomasa de la totora (*Schoenoplectus californicus*), el mismo que existe en gran cantidad en las orillas del lago Titicaca el cual se puede aprovechar para este fin.

En la presente investigación, también se planteó como objetivo general: Determinar el efecto de la totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico en la reducción de arsénico en aguas subterráneas en el distrito de Caracoto 2022; con respecto a los objetivos específicos se tuvo:

OE1: Evaluar la concentración de arsénico presente en las aguas subterráneas en el distrito de Caracoto, 2022.

OE2: Evaluar la dosis y pH adecuado de biomasa seca de totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico para la reducción de concentración de arsénico de las aguas subterráneas en el distrito de Caracoto, 2022.

OE3: Evaluar el grado de remoción de concentración de arsénico de las aguas subterráneas post tratamiento utilizando la totora

(*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico en el distrito de Caracoto, 2022.

De misma forma, se planteó como hipótesis general: El efecto de la totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico permite una la reducción significativa de arsénico en aguas subterráneas en el distrito de Caracoto 2022.

II. MARCO TEÓRICO

El arsénico se encuentra en dos formas (orgánica e inorgánica) en la naturaleza, pero el arsénico inorgánico es más tóxico que el orgánico. El As inorgánico está representado por dos formas: el arseniato As V y el arsenito As III, que pueden convertirse, reguladas por el medio ambiente, especialmente por las condiciones redox. El arsenato interfiere en procesos celulares necesarios como la fosforilación oxidativa y la síntesis de ATP como análogo del fosfato, por lo que la principal vía de captación de arseniato por las raíces, puede ser a través del mecanismo de transporte de fosfato. Se exporta al brote a través de la xilema como los aniones As V y As III (Hare et al., 2020, p. 53). Los metales pesados se presentan en varias formas y especies químicas. Su reactividad química varía de un estado de valencia a otro (Shukla y Srivastava, 2019, p. 2).

El vertido de aguas residuales municipales tratadas que contienen arsénico (As) puede causar efectos adversos en el medio ambiente y en las fuentes de agua potable. Se medirán las concentraciones de arsénico en los sistemas de tratamiento de dos plantas municipales de aguas residuales de Nueva Jersey (EE.UU.). Se evaluó la eficacia de la eliminación de As mediante cloruro férrico y coagulantes de alumbre. Además, se evaluaron los efectos de los sólidos suspendidos en el licor mixto, el pH y el ortofosfato (PO_4^{3-}) en la eliminación de As. Las concentraciones de As total recuperable en el afluente y efluente de la Planta A estaban en los rangos de 2,00 - 3,00 y 1,50 - 2,30 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Los resultados indicaron que el 30% de As fue

eliminado por los procesos convencionales de tratamiento biológico de aguas residuales (Ge et al., 2020, p. 1).

Se ha demostrado que la eliminación de arsénico (As) del agua, en condiciones de reducción de sulfatos. Se evaluó la actividad reductora de sulfato y la eliminación de arsénico mediante un lodo anaeróbico enriquecido con bacterias reductoras de sulfato (SRB), utilizando hierro de valor cero como donante de electrones y diferentes concentraciones de As (V) o As (III) (hasta 5 mg/L). La eliminación de sulfato y As se monitorizó en muestras acuosas de ensayos por lotes.

Asimismo, se caracterizaron los precipitados resultantes de la eliminación de As en sólidos. La actividad reductora de sulfatos de parte de los lodos anaerobios disminuyó ligeramente con el As III y se redujo en un 50%, especialmente a 5 mg/L de As V, para el que la eliminación de arsénico fue del 98%. En todas las demás concentraciones de As ensayadas, se eliminó el 100% de As eliminado (Zacarías et al., 2019, p. 2).

Los adsorbentes de biomasa a base de paja de canola fueron modificados electroquímicamente y utilizados para eliminar arseniato (AsO_4^{3-}) del agua. El estudio de los efectos de los parámetros de modificación sobre la capacidad de adsorción de As(V) de los materiales modificados mostró que los materiales tratados a un pH más bajo (3) y a temperaturas de secado (60 °C) tenían una mayor absorción de As(V). Las condiciones de modificación se optimizaron para obtener la biomasa modificada (OBM). La caracterización de la OBM y el OBC indicó que el óxido de hierro depositado en la superficie de los adsorbentes era goethita (Benis et al., 2021, p. 1).

La nanoplaqueta de grafeno derivada de la uña humana se sintetizó mediante una novedosa metodología sintética in situ utilizando cloruro férrico. Se llevó a cabo una técnica para escudriñar los defectos y el porcentaje de enlaces saturados e insaturados de carbono saturado e

insaturado. La ecuación cinética de pseudo segundo orden describió claramente la naturaleza de la sorción de As(III) en la superficie de la nanoplaqueta de grafeno GN. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta y el análisis de varianza para optimizar los parámetros de reacción (Nandi et al., 2021, p. 1).

En un análisis de la composición química de celulosa y lignina de la titora, se plasmó mediante el método de Van Soest, así como los análisis físicos y químicos, se llegó a la conclusión que en promedio de celulosa se tuvo el 76.6%, así mismo se determinó que la mayor cantidad de celulosa y lignina se presentó antes de la floración, pero, en la prueba de Duncan al 0.05 % (de significancia) se llegó a la conclusión que entre los tres estados fenológicos tratados no presentan significativas diferencias respecto al total de celulosa (Condori, 2010, p. 1). Los materiales lignocelulósicos intervienen en la adsorción de arsénico en interacciones principalmente como la atracción electrostática, intercambio de iones y la precipitación (Cardoso et al., 2021, p. 1).

La capacidad de adsorción de arsénico (III) de cada adsorbente compuesto también se determinó, así como los efectos del pH y la temperatura, los resultados mostraron que el poliacrilonitrilo/hidróxido férrico (fibra) tenía la mayor capacidad de adsorción de arsénico (III) (11,31 mg/g) en las condiciones iniciales, cuando el pH se ajustó a aproximadamente 9, la capacidad máxima de adsorción aumentó a 12,41 mg/g y cuando la temperatura de control fue de 15 C°, la capacidad máxima de adsorción fue de 12,07 mg/g (Luo et al., 2021, p. 1).

Cloro, cloruro férrico, ácido, alumbre y sosa cáustica son los reactivos químicos necesarios en la precipitación química. El proceso de coagulación-precipitación química es sensible al pH. El cloro, el cloruro férrico o el permanganato potásico se utilizan como agentes oxidantes.

Por ejemplo, el uso de cloruro férrico o permanganato potásico ayuda a convertir el arsénico trivalente en forma pentavalente, que coprecipita mejor que el arsénico trivalente con los hidróxidos férricos (Pal, 2020, p. 413).

Los resultados de laboratorio mostraron que la estabilidad del As(III) está vigorosamente influenciada por temperatura, la luz, la presencia de nitrato y cloruro y el pH. La investigación muestra que, aunque las concentraciones totales de As total eran relativamente altas en las muestras de agua recogidas en la zona, el As(V) era la especie predominante en casi todas las muestras de agua, y la forma más tóxica de As (III) era baja, a menudo < 1% del total disuelto (Chen et al., 2019, p. 1).

Los iones de hierro conectan con éxito los polímeros dispersos, induciendo un gran número de enlaces O-Fe-O y, proporcionando más sitios activos de adsorción para la eliminación de As(III)/As(V) gravemente contaminados y de alta toxicidad. Los adsorbentes sintetizados que contienen hierro son adecuados para un amplio rango de pH, lo que puede ofrecer una nueva aplicación para la nano celulosa en el tratamiento de la contaminación por arsénico (Xi et al., 2020, p. 1).

Los nanomateriales basados en el hierro también han demostrado mayores capacidades especialmente a niveles de pH cercanos al neutro. La extracción de arsénico del agua contaminada suele emplear hierro nano cerovalente que puede acoplarse a muchas otras técnicas como Fenton, así como otros métodos (Rathi y Kumar, 2021, p. 6).

En el caso del proceso de membranas. Las aplicaciones de la nanofiltración a gran escala se ven obstaculizadas por la dificultad de eliminar el As(III) (que es la forma más tóxica del As). También se describe la aplicación de las membranas de nano fibras en la recuperación del arsénico, estas membranas se caracterizan por una

elevada superficie, una distribución uniforme del tamaño de los poros y tienen una excelente capacidad de adsorción (Algieri et al., 2022, p. 1).

En la investigación de Weerasundara, et al., indica que hay dos tipos de mecanismos implicados en la exclusión del As: Coulómbico o intercambio iónico; y la interacción ácido-base de Lewis, además señala que el pH de la solución es uno de los principales factores de control que limitan la eficacia de la eliminación, ya que la mayoría de los métodos mencionados dependen de la complejación por efectos electrostáticos. La mayoría de los métodos de eliminación selectiva de As utilizan óxidos hidratados de Fe(III) mediante la interacción ácido-base de Lewis (Weerasundara et al., 2021, p.1).

En este estudio, se inmovilizó FeO(OH) en el polvo de raíz biodegradable, abreviado como RP, de *Eichhornia crassipes* de raíz larga, un tipo de biomasa residual, para mejorar la adsorción de contaminantes acuosos de arsénico. La cinética de adsorción y los experimentos termodinámicos mostraron que las capacidades del polvo de raíz para el arseniato (As(V)) y el arsenito (As(III)) se mejoraron notablemente tras la modificación con FeO(OH) (Lin et al., 2018, p. 258).

El contenido en la celulosa de grupos hidroxilo (OH), carboxilo (COOH) y amino (NH_2) hacen factible la adsorción de metales pesados a través de mecanismos de intercambio catiónico o quimisorción (Lin et al., 2018, p. 259).

En la bibliografía utilizable, la totora se ha detallado por varios nombres de taxones, por ejemplo, *Scirpus californicus var. tatora* (Kunth) Barros, *S. californicus subsp. Tatora* (Kunth) T. Koyama, y *Schoenoplectus tatora* (Kunth) Palla. Sin embargo, en la base de datos de la Word Checklist of Selected Plant Families (WCSP), hasta la fecha, estos otros nombres se consideran sinónimos de *Schoenoplectus californicus* (C.A.

Mey.) Soják (Hidalgo y Garcia, 2017 p. 468).

Tabla 1. *Propiedades químicas de los tallos de la totora.*

Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Holocelulosa (%)	Otros (%)	Referencia
13.59	39.06	22.73			(De la Cruz et al. 2020, p. 100)
22.19			55.89		(Dick Wille et al., 2017, p. 4)
	97.27		61.03 (pith)		(Hidalgo, et al., 2018, p. 9)
	98.69		57.13 (rind)		(Hidalgo, et al., 2018 p. 9)
34.99	78				(Condori, 2010, p. 71)

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales lignocelulósicos naturales son biosorbentes para descargar los contaminantes inorgánicos tóxicos, como: Ni(II), Cr(VI), Cd(II), Cu(II), Hg(II), Zn(II), Pb(II), As(III), etc., (Guleria et al., 2022, p. 2). Carreño y Sayago (2022), uno de sus objetivos de su investigación es plantear bio columnas con biomasa seca y molida de *E. crassipes* para los ensayos para tratar agua contaminada con Cr (VI), donde se convirtió con cloruro de hierro (FeCl_3) para beneficiar la capacidad de cambio de cationes (Carreño y Sayago, 2022, p. 376).

La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier FTIR en las hojas de totora se aprecia una banda ancha centrada en $3329,79 \text{ cm}^{-1}$, concerniente al estiramiento axial de grupos funcionales (*OH) y (NH_2), unidades básicas de las proteínas, ácidos grasos, carbohidratos y lignina, los mismos que está compuesta por muchas fibras, polisacáridos como: la pectina, almidón, celulosa, hemicelulosa y lignina (Pacheco, 2021, p. 82).

Existen formas de aislar celulosa de *Schoenoplectus californicus*, primero se recolectó las totoras, se dejó secar de manera natural o artificial, luego se realizó una hidrólisis. La pasta conseguida se hace con EDTA y H₂O₂ y la purificación de la celulosa aislada por hidrólisis ácida, dando porcentajes de 23,43% a 29,30% está última secada a los rayos del sol (Novillo y Armas, 2018, p. 1).

Investigaciones consideradas afirman que biomasa seca en forma de harina vegetal poseen muy buena eficiencia de remoción del As en aguas subterráneas, por lo tanto, se afirma que el polvo de totora (*Schoenoplectus californicus*) tiene la capacidad de remover el arsénico en aguas subterráneas (Avila y Alata, 2020, p. 1).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

Tipo de investigación: La característica del trabajo de investigación fue de modo aplicativo explicativa.

Diseño de investigación: El diseño de investigación utilizado fue de naturaleza experimental correspondiente al tipo pre experimental, el diseño de investigación se plasma en el esquema:



Donde:

O1 = Observación pre tratamiento.

O2 = Observación post tratamiento.

X = Tratamiento aplicado.

Se empleó el diseño factorial $3k$ (3^2) para el modelamiento matemático del proceso de remoción de iones de As, el cual consistió en 3 niveles y dos factores, los factores de la variable independiente fueron la dosis de la biomasa y el tipo de pH.

3.2. Variables y operacionalización

La variable independiente fue la biomasa seca de tallo de totora (*Schoenoplectus californicus*) y biomasa seca de tallo de totora activada con cloruro férrico, como variable dependiente fue la cantidad de arsénico que logra reducir de las aguas contaminadas con arsénico. La tabla de operacionalización de variables se encuentra en el anexo N° 01

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población del trabajo de investigación fue las aguas subterráneas del distrito de Caracoto, perteneciente a la provincia de San Román, departamento de Puno.

3.3.2. Muestra

Para las pruebas experimentales se tomó 20 litros de agua subterránea que contenían arsénico de un pozo del distrito de Caracoto. Como se aprecia en la figura 1.



Figura 1. *Punto de obtención de muestra de agua subterránea*

3.3.3. Muestreo

El muestreo de los pozos fue de modo no probabilístico y por conveniencia (Otzen y Monterola, 2017, p. 230). El muestreo se realizó por criterio propio, estableciendo 7 puntos de muestreo en la comunidad de San Francisco de Buena Vista perteneciente al distrito de Caracoto. Según se puede apreciar en la figura 2.



Figura 2. Puntos de muestreo de aguas subterráneas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de la investigación, la técnica empleada fue la observación experimental y como instrumento para recolección de datos se utilizó una ficha de observación de recolección de datos.

3.5. Procedimientos

Se seleccionó totora no contaminada de los alrededores de las orillas del lago Titicaca por la zona del distrito de Moho, provincia de Moho perteneciente al departamento de Puno, se seleccionó aproximadamente 40 plantas de totora. Según se puede apreciar en la figura 3.

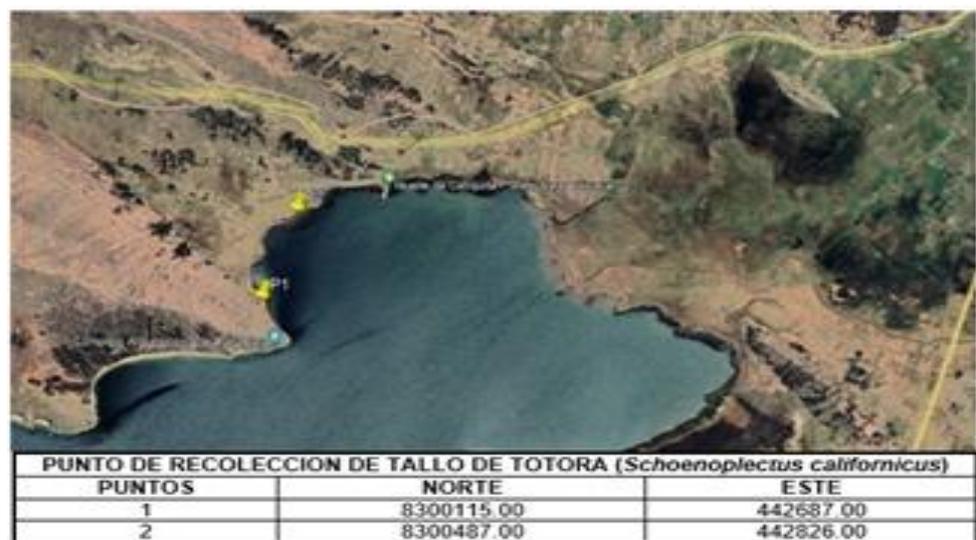


Figura 3. Ubicación de recolección de plantas de totora.

Los pasos básicos de la preparación de la totora, fueron afines a la mayoría de las investigaciones e incluyen limpieza previa, secado, molido y tamizado (Adeniyi y Ighalo, 2019, p. 1), según se puede notar en la figura 4.



Figura 4. Preparación de polvo de biomasa seca de tallo de totora.

Una vez obtenido el material adsorbente, se procedió a lavar con el fin de excluir residuos posibles que hubiere, luego secarlo a temperatura ambiente, para certificar una limpieza óptima, se volvió a realizar un lavado con dos litros de agua destilada, se eliminó el agua en exceso y se secó en la estufa a una temperatura de 100°C durante 5 horas (Mashkoo y Nasar, 2018, p. 6). Luego se procedió a triturar hasta obtener partículas finas con el uso de un mortero, luego tamizó con un tamiz de malla 60, finalmente se almacenó la biomasa seca de totora en bolsas de polietileno hermético (Basu, et al., 2017, p. 2).

3.5.1. Modificación química de la biomasa seca del tallo de totora con cloruro férrico:

Los biosorbentes o adsorbentes pueden utilizarse tal cual, o someterse a modificaciones para mejorar sus propiedades químicas funcionales (Adeniyi y Ighalo, 2019, p. 4)

Para la modificación y activación química con cloruro férrico, se prepararon soluciones de 0,1 mol/L FeCl_3 (Lin et al. 2017, p. 259), después se procedió a pesar una porción de masa de 12 g polvo de biomasa seca de totora, para luego colocar en un vaso precipitado que contenían 1000 ml de solución de cloruro férrico se prosiguió con llevarlo a una agitación de 175 rpm para que el FeCl_3 se adsorba totalmente todo ello a temperatura ambiente y un tiempo de 3 horas (Coelho et al., 2020, p. 2). Ocurrido este tiempo se filtró durante un tiempo de 20 minutos y se lavó hasta que el pH del agua de lavado sea aproximadamente neutro, finalmente se procedió a secar en una estufa por el lapso de 12 horas a una temperatura de 100 grados, para luego el producto colocarlos en unas bolsas herméticas de polietileno, en todo este proceso ocurrió la impregnación de Fe (III) por medio de cloruro de hierro en las superficies de la biomasa seca de totora, según se puede apreciar en la figura 5.



Figura 5. Modificación con FeCl_3 de biomasa seca de tallo de totora

3.5.2. Tratamientos para remoción de arsénico

Para el proceso de adsorción se trabajó con tres dosis de biomasa seca de tallo de totora sin cloruro férrico y 3 dosis de muestras de biomasa seca de totora modificadas con cloruro de hierro, los mismos que tuvieron una dosis de: 0.2 gramos, 0.5 gramos y 0.8 gramos, además de ello se trabajó con pH de 5, 7.5 y 10 para tener resultados óptimos. Además de ello se modificó una muestra inicial de agua con arsénico a 0.03821 mg/L, con el cual se trabajó los tratamientos para la reducción de As, en la figura 6 se esquematizó los procedimientos.

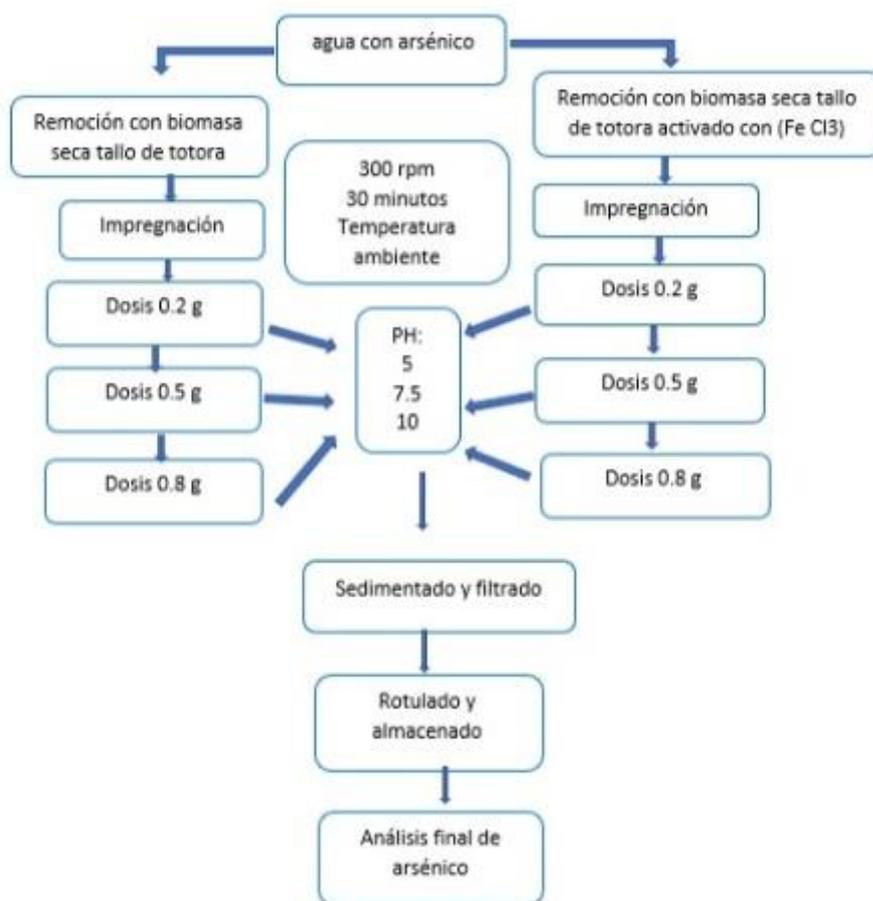


Figura 6. Tratamientos para remoción de arsénico

3.6. Método de análisis de datos

Para el método de análisis de datos en la investigación se usó tablas y figuras con sus respectivos datos productos de la indagación, para lo cual se usa el software Excel y Minitab 19.

3.7. Aspectos éticos

Para la realización y desarrollo del trabajo de investigación no se ha puesto en riesgo las especies de totora (*Shoenoplectus californicus*) debido a la gran cantidad en abundancia de la biomasa existente por esta zona del lago Titicaca, tampoco se afectó ecosistemas acuáticos porque sólo se recogió algunas plantas de totora para la investigación además de ello se tuvo un trabajo objetivo en la búsqueda y uso de información confiable de artículos, libros y tesis nacionales e internacionales.

IV. RESULTADOS

Concentración de arsénico de las aguas subterráneas en el distrito de Caracoto, 2022.

Según los resultados de las muestras para conocer la cantidad de arsénico en las aguas subterráneas del distrito de Caracoto que se aprecia en la tabla 2, del total de 7 puntos de muestras de agua subterránea, el punto 2 (P-2) indica que tuvo una concentración de arsénico de 0.01793 mg/L el cual superó los estándares de calidad ambiental de agua que es 0.01 mg/L.

De la misma forma se aprecia que el P-1, tuvo una concentración de 0.00627 mg/L el cual estuvo por debajo los estándares de calidad ambiental de agua que es 0.01 mg/L.

Tabla 2. *Concentración de arsénico de las aguas subterráneas*

N°	CÓDIGO	PUNTO DE MONITOREO	ARSÉNICO (mg/L)
1	P-1	E:379701.894 N:8271103.986	0.00627
2	P-2	E:381882.091 N:8272156.426	0.01793
3	P-3	E:382552.843 N:8272520.462	0.01587
4	P-4	E:382484.928 N:8271937.429	0.01065
5	P-5	E:382981.218 N:8272229.464	0.01037
6	P-6	E:382718.262 N:8272184.854	0.00493
7	P-7	E:382787.636 N:8272331.454	0.00790

Fuente: LAQUAMEQ E.I.R.L.

pH y dosis adecuado de biomasa seca de tallo de totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico para la reducción de la cantidad de arsénico:

Para las pruebas de remoción de arsénico se trabajó con una muestra de agua con arsénico inicial modificada de 0.03821 mg/L.

En cuanto al pH y dosis adecuada de biomasa seca de totora (*Schoenoplectus californicus*), se trabajó con pH 5, 7.5 y 10 en dosis de 0.2g, 0.5g y 0.8g según se aprecia en la tabla 3. Se trabajó con

tratamientos por duplicado.

Tabla 3. *Remoción de arsénico con biomasa seca de tallo de totora.*

Tratamiento	pH	Dosis (g)	Concentración inicial As (mg/L)	Concentración final As (mg/L)	Porcentaje remoción (%)
T-1	5	0.2	0.03821	0.02986	21.9
T-1(R1)	5	0.2	0.03821	0.02794	26.9
T-2	5	0.5	0.03821	0.02464	35.5
T-2(R1)	5	0.5	0.03821	0.02565	32.9
T-3	5	0.8	0.03821	0.02785	27.1
T-3(R1)	5	0.8	0.03821	0.02851	25.4
T-4	7.5	0.2	0.03821	0.01684	55.9
T-4(R1)	7.5	0.2	0.03821	0.01422	62.8
T-5	7.5	0.5	0.03821	0.01896	50.4
T-5(R1)	7.5	0.5	0.03821	0.01504	60.6
T-6	7.5	0.8	0.03821	0.01839	51.9
T-6(R1)	7.5	0.8	0.03821	0.01769	53.7
T-7	10	0.2	0.03821	0.01851	51.6
T-7(R1)	10	0.2	0.03821	0.01742	54.4
T-8	10	0.5	0.03821	0.01081	71.7
T-8(R1)	10	0.5	0.03821	0.00991	74.1
T-9	10	0.8	0.03821	0.00953	75.1
T-9(R1)	10	0.8	0.03821	0.01552	59.4

Fuente: Elaboración propia

En la remoción de arsénico, en la tabla N° 4, para la remoción de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora, se tuvo que los mejores resultados según los tratamientos presentados se dieron con la dosis de 0.5 gramos y pH 10, que en términos de porcentaje de remoción de arsénico estuvieron en 72.9%, de la misma forma los resultados menos favorables para la remoción de arsénico fueron en el tratamiento N° 1 el cual estuvo representado por la dosis de 0.2 gramos y pH 5, el mismo que tuvo un porcentaje del 24.4%.

Tabla N° 4: Remoción promedio de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora.

Tratamiento	Dosis (g)	pH	Concentración inicial As (mg/L)	Concentración final As (mg/L)	Porcentaje remoción (%)
T-1	0.2	5	0.03821	0.02890	24.4
T-2	0.5	5	0.03821	0.02515	34.2
T-3	0.8	5	0.03821	0.02818	26.2
T-4	0.2	7.5	0.03821	0.01553	59.4
T-5	0.5	7.5	0.03821	0.01700	55.5
T-6	0.8	7.5	0.03821	0.01804	52.8
T-7	0.2	10	0.03821	0.01797	53.0
T-8	0.5	10	0.03821	0.01036	72.9
T-9	0.8	10	0.03821	0.01253	67.2

Fuente: Elaboración propia.

Para los tratamientos realizados para la remoción de arsénico utilizando biomasa seca de tallo de totora activada con cloruro férrico en cuanto al pH y dosis adecuada se utilizó los pH 5, 7.5 y 10 y las dosis de 0.2 g, 0.5 g y 0.8 g según se aprecia en la tabla 5. Se hizo 18 tratamientos en este proceso, tal como se aprecia en la tabla N° 5.

Tabla N° 5: Remoción de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora activada con $FeCl_3$

Tratamiento	pH	Dosis (g)	Concentración inicial As (mg/L)	Concentración final As (mg/L)	Porcentaje remoción (%)
T-1	5	0.2	0.03821	0.01951	48.9
T-1(R1)	5	0.2	0.03821	0.01712	55.2
T-2	5	0.5	0.03821	0.01011	73.5
T-2(R1)	5	0.5	0.03821	0.01226	67.9
T-3	5	0.8	0.03821	0.00636	83.4
T-3(R1)	5	0.8	0.03821	0.00751	80.3
T-4	7.5	0.2	0.03821	0.01004	73.7
T-4(R1)	7.5	0.2	0.03821	0.01102	71.2
T-5	7.5	0.5	0.03821	0.00917	76.0
T-5(R1)	7.5	0.5	0.03821	0.00825	78.4
T-6	7.5	0.8	0.03821	0.00559	85.4
T-6(R1)	7.5	0.8	0.03821	0.00638	83.3

T-7	10	0.2	0.03821	0.00659	82.8
T-7(R1)	10	0.2	0.03821	0.00613	84.0
T-8	10	0.5	0.03821	0.00479	87.5
T-8(R1)	10	0.5	0.03821	0.00506	86.8
T-9	10	0.8	0.03821	0.00464	87.9
T-9(R1)	10	0.8	0.03821	0.00482	87.4

Fuente: Elaboración propia

En la remoción de arsénico, en la tabla N° 6, se hizo con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora activada con FeCl_3 , según los resultados mostrados existe una eficiencia en la dosis de 0.8 gramos y pH 10, que en términos de porcentaje de remoción de arsénico estuvieron en 87.6%.

Tabla N° 6: *Remoción promedio de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora activada con FeCl_3*

Tratamiento	Dosis (g)	pH	Concentración inicial As (mg/L)	Concentración inicial As (mg/L)	Porcentaje remoción (%)
T-1	0.2	5	0.03821	0.01832	52.1
T-2	0.5	5	0.03821	0.01119	70.7
T-3	0.8	5	0.03821	0.00694	81.9
T-4	0.2	7.5	0.03821	0.01053	72.4
T-5	0.5	7.5	0.03821	0.00871	77.2
T-6	0.8	7.5	0.03821	0.00599	84.3
T-7	0.2	10	0.03821	0.00636	83.4
T-8	0.5	10	0.03821	0.00493	87.1
T-9	0.8	10	0.03821	0.00473	87.6

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera estos resultados se pueden apreciar en la figura N° 6, por otro lado, dentro de los resultados menos eficaces para la remoción de arsénico se dieron en el tratamiento N° 1 el cual estuvo representado por dosis de 0.2 gramos y pH 5, el mismo que tuvo un porcentaje del 52.1%.

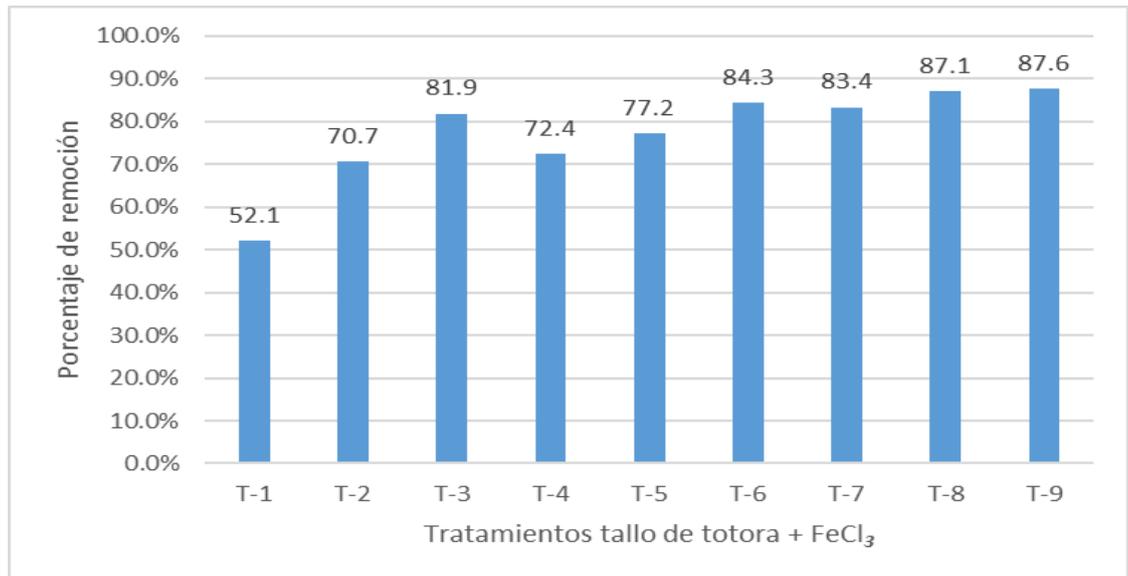


Figura 7. Remoción de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora activada con $FeCl_3$.

Concentración de arsénico del agua subterránea entre los tratamientos utilizado la totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico

De los tratamientos realizados para realizar la remoción del arsénico, mediante el uso de la biomasa seca de tallo de totora (*Schoenoplectus californicus*) y la activación con cloruro férrico, dentro de los resultados en porcentaje en más eficiente es cuando la biomasa seca estuvo activada con $FeCl_3$, tuvo como promedio de 87.6 % en la remoción de arsénico, tal como se puede apreciar en la figura 6, asimismo los tratamientos realizados con biomasa seca de tallo de totora, solo llegaron hasta el 72.9 % en cuanto a remoción de arsénico.

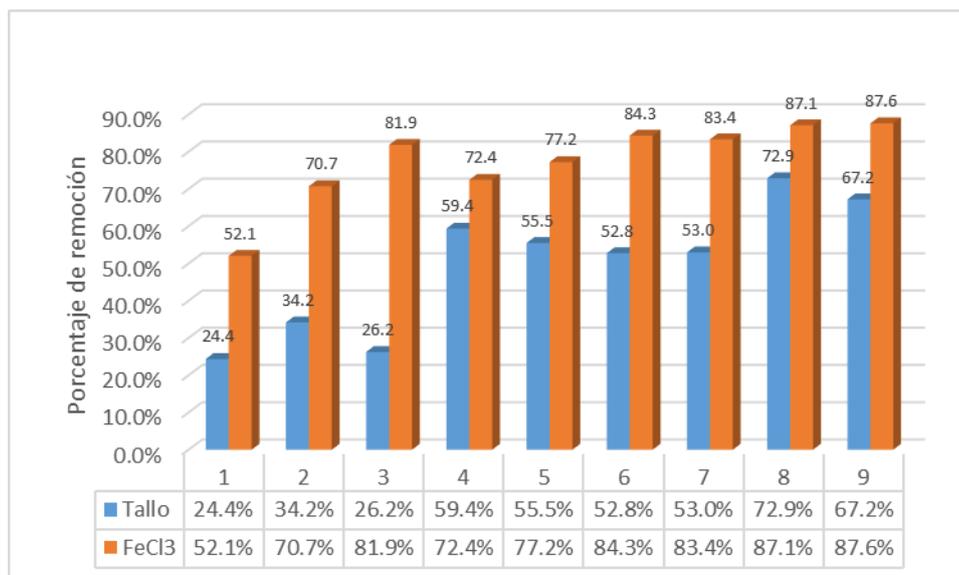


Figura 8. Remoción de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora activada con $FeCl_3$.

Análisis de varianza (ANOVA)

Para los tratamientos realizados mediante el uso de biomasa seca de tallo de totora y activada con $FeCl_3$ para la remoción de arsénico se hicieron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) por separado, el cual nos permitió comprobar o rechazar la hipótesis de investigación en el presente trabajo realizado. Los mismos se puede apreciar las tablas 7 y 8.

Tabla N° 7: Análisis de varianza (ANOVA) de tratamiento de biomasa seca de tallo de totora.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC. Ajust.	Valor F	Valor P
Modelo	8	0.000708	0.000088	24.22	0.000
Lineal	4	0.000657	0.000164	45.00	0.000
pH	2	0.000624	0.000312	85.44	0.000
DOSIS	2	0.000033	0.000017	4.57	0.043
Interacciones de 2 Términos	4	0.000050	0.000013	3.44	0.057
pH*DOSIS	4	0.000050	0.000013	3.44	0.057
Error	9	0.000033	0.000004		
Total	17	0.000741			

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla N° 7 del análisis de varianza (ANOVA) de tratamiento realizado con biomasa seca de tallo de totora se aprecia que el pH y la dosis representaron menos de 0.05 de significancia, el cual señala que tuvieron efectos positivos en la variable respuesta, en cambio la interacción de pH y dosis en el valor P alcanzó 0.057 el cual indica que tuvo poco efecto en la variable respuesta.

Tabla N° 8: *Análisis de varianza (ANOVA) de tratamiento de biomasa seca de tallo de totora activada con FeCl₃*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC. Ajust.	Valor F	Valor P
Modelo	8	0.000296	0.000037	46.20	0.000
Lineal	4	0.000243	0.000061	76.01	0.000
pH	2	0.000139	0.000070	87.12	0.000
DOSIS	2	0.000104	0.000052	64.90	0.000
Interacciones De 2 Términos	4	0.000052	0.000013	16.40	0.000
pH*DOSIS	4	0.000052	0.000013	16.40	0.000
Error	9	0.000007	0.000001		
Total	17	0.000303			

Fuente: Elaboración propia

De los dos tipos de tratamientos se tuvo las siguientes hipótesis:

Hipótesis alternativa (Ha): Alguno de los dos tratamientos, con el uso de la biomasa seca de totora (*Schoenoplectus californicus*) y activada con cloruro férrico si tiene efectos positivos en la disminución de arsénico.

Hipótesis nula (H0): El uso de la biomasa seca de totora (*Schoenoplectus californicus*) y activada con cloruro férrico no tiene efectos en la disminución de arsénico.

De las tablas 7 y 8, se aprecia que el resultado obtenido en la prueba de ANOVA que el valor de significancia es menor a 0,05, por lo que, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alternativa (Ha).

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a uno de los objetivos propuestos sobre evaluar la concentración de arsénico en las aguas subterráneas del distrito de Caracoto, se aprecia en los resultados de la tabla N° 2, que, del total de los 7 puntos de muestras de agua subterránea, los puntos 2, 3 y 4 indica que hay una concentración de arsénico de 0.01793 mg/L, 0.01587 mg/L y 0.01065 mg/L respectivamente, los cuales supera los estándares de calidad ambiental de agua que es 0.01 mg/L en el Perú.

En el trabajo de investigación de Mamani (2019), comprobó la concentración de As en las aguas de pozos subterráneos en la ciudad de Juliaca, se hicieron 12 ensayos de forma aleatoria en año 2018, se analizaron a través de espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente, los resultados, indicaron la más alta concentración de As fue 0,165 mg/L y una media de 0,089 mg/L., (Mamani 2019 p. 1), esta investigación se aproxima a nuestros resultados en cuanto a la existencia de altas concentraciones de arsénico en las aguas subterráneas, una de las razones podría ser que en este caso la ciudad de Juliaca es vecino del distrito de Caracoto y podría tener las mismas formaciones geológicas propias del altiplano andino, de misma forma indica que hay también en algunas zonas baja cantidad de arsénico al igual que nuestros resultados.

En el cual se podría afirmar que la concentración de arsénico en las aguas subterráneas depende del tipo formación de suelos y los materiales geológicos pudiera tener, esta afirmación se puede reforzar con el estudio de la relación entre las concentraciones de arsénico en las aguas subterráneas y los procesos hidrogeológicos en la parte proximal del delta del río Rojo, Vietnam, indica que las trayectorias de flujo en los acuíferos cuaternarios se modelaron basándose en la estructura geológica y los datos hidrogeológicos interpretados previamente (Kazmierczak et al., 2022 p. 1).

En la remoción de arsénico con biomasa seca de tallo de totora, en la tabla N° 4, se tiene que los mejores resultados según los tratamientos presentados se dan con la dosis de 0.5 gramos y pH 10, que en términos de porcentaje de remoción de arsénico está en 72.9%.

En un estudio de Mohamet et al. (2022) tiene por objeto describir la eficacia de la microalga desecada *Chlamydomonas sp.* para eliminar el arsénico de una solución acuosa. El estudio considero factores como las concentraciones iniciales de metal pesado, las dosis de biosorbente, el pH y el tiempo de contacto. Todas las pruebas se han realizado a temperatura de 25 C, velocidad de agitación de 300 rpm el tiempo de contacto de 60 minutos y la concentración de biomasa de 0,6 g/l eran las mejores condiciones óptimas para el biorreactor con un porcentaje máximo de eliminación del 95,2% y una capacidad de biosorción del 53,8 %. Tal como se aprecia en la figura 9, este resultado se aproxima a lo investigado con la relación a la dosis optima utilizada que era de 0.5 g de biomasa seca de tallo de totora para la remoción de arsénico.

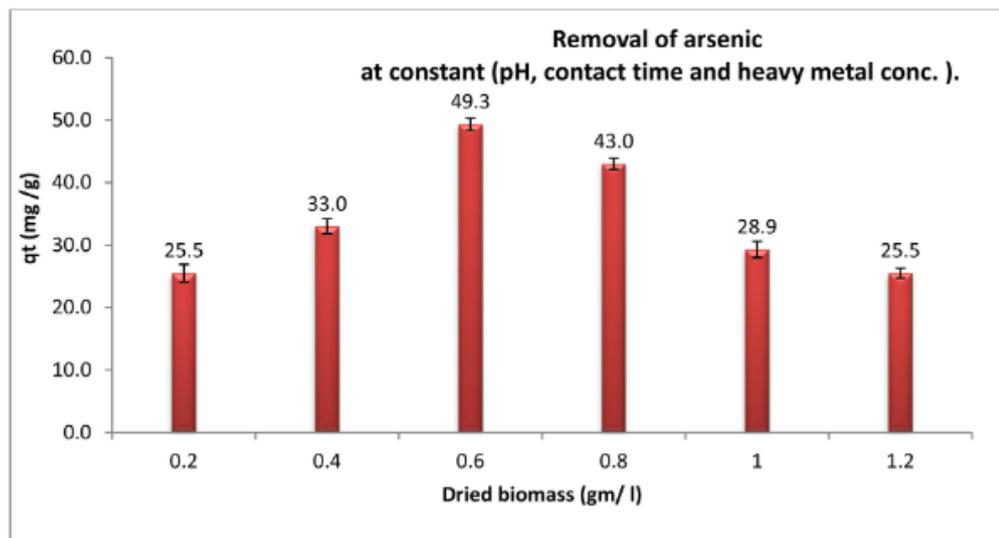


Figura 9. Efecto de la dosis de absorbente (gm/L) en la eficiencia de eliminación de arsénico (Mohamet et al., 2022, p. 2)

Otras investigaciones afirman que biomasa seca en forma de harina vegetal poseen muy buena eficiencia de remoción del As en aguas

subterráneas, por lo tanto, se afirma que el polvo de totora (*Schoenoplectus californicus*) tiene la capacidad de remover el arsénico en aguas subterráneas (Avila y Alata, 2020, p. 1).

En la tabla N° 6, para la remoción de arsénico con tratamientos con biomasa seca de tallo de totora activada con cloruro férrico, según los resultados mostrados existe una eficiencia en la dosis de 0.8 gramos y pH 10, que en términos de porcentaje de remoción de arsénico está en 87.6%. En estudios realizados se investigó el efecto del pH sobre el polvo de raíz de *Eichhornia crassipes*, activada con cloruro férrico los resultados mostraron que el pH óptimo para la adsorción de arsénico era 9 (Lin et al., 2017, p. 1), dicho resultado se aproxima a nuestro resultado de pH 10.

A medida que aumenta el pH de 5 a 9, se aprecia un aumento en la eficiencia de adsorción de arsénico, esto podría explicarse a la afinidad del adsorbente y las diferentes variaciones de pH (Caira, 2022, p. 60). Esta investigación también afirma que cuando el pH aumenta entonces hay remoción, en este caso se adecua a nuestros resultados positivos cuando utilizamos pH 10.

La carga superficial del bioadsorbente y la especiación del adsorbato en la solución son los fundamentos dependientes del pH que determinan la capacidad de adsorción. El resultado declaro que la cantidad adsorbida de arsénico aumenta gradualmente de 0.64 mg/g a pH 2.19 hasta un máximo de 4.68 mg/g hasta pH 12.08 (Lugo et al. 2009, p. 1256). En esta investigación afirma que cuando el pH aumenta entonces hay remoción, en este caso se adecua a nuestros resultados.

La capacidad de adsorción de arsénico de cada adsorbente compuesto también se determinó, así como los efectos del pH y la

temperatura. Los resultados mostraron que el poliacrilonitrilo/hidróxido férrico (fibra) tenía la mayor capacidad de adsorción de arsénico (III) (11,31 mg/g) en las condiciones iniciales. Cuando el pH se ajustó a aproximadamente 9, la capacidad máxima de adsorción aumentó a 12,41 mg/g. Cuando la temperatura de control fue de 15 °C, la capacidad máxima de adsorción fue de 12,07 mg/g (Luo, et al., 2021, p. 1). En esta investigación afirma que cuando el pH se ajusta a aproximadamente a 9, la capacidad de adsorción de arsénico aumenta, en nuestro caso se tuvo mejores resultados en pH 10 y se aproxima a nuestra investigación.

La dosis del adsorbente es un parámetro muy importante para la eliminación de iones de níquel y plomo de aguas contaminadas en los cuales utilizo masas de adsorbente 0.75 g a 8 g Pacheco (2021). También se ajusta a nuestra investigación con relación a la dosis de 0.8 g y a nuestros resultados como dosis adecuada para remover As.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó el efecto positivo de la totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico en la reducción de arsénico en aguas subterráneas en el distrito de Caracoto 2022.
2. Se evaluó la concentración de arsénico en las aguas subterráneas del distrito de Caracoto, de los resultados tenemos que los puntos, P-2 (0.01793 mg/L), P-3 (0.01587 mg/L), P-4 (0. 0.01065 mg/L) y P-5 (0.01793 mg/l) los cuales supera los estándares de calidad ambiental de agua que es 0.01 mg/L.
3. Se evaluó que la dosis de 0.5g biomasa seca de tallo de totora y pH 10, tiene mejores resultados en la remoción de arsénico y el caso de la biomasa seca de totora activada con cloruro férrico la dosis optima fue de 0.5g y pH 10.
4. Se evaluó el grado de remoción de concentración de arsénico del agua subterránea después del tratamiento con la biomasa seca de totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico, de los cuales el que mejor actúa en la remoción de arsénico es cuando se activa la biomasa seca de tallo de totora con cloruro férrico el cual tiene una eficiencia de remoción del 87.6%.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para obtener mejores resultados en la remoción de arsénico, se recomienda realizar más réplicas de los tratamientos con biomasa seca de tallo de totora y biomasa seca activada con cloruro férrico, los cuales permitirán conocer resultados con una exactitud adecuada.
2. Se sugiere realizar más estudios completos de la totora (raíces, tallos y hojas) para poder conocer las propiedades químicas que estos poseen y los grupos funcionales presentes que actúan como adsorbentes del arsénico.
3. Se sugiere promover y usar otros tipos de biomasa seca que todavía no se usan tal es el caso de la totora, que en este caso si tiene la propiedad de remover Arsénico.

REFERENCIAS

ADENIYI Adewale George, Ighalo Joshua, Biosorption of pollutants by plant leaves: An empirical review, [en línea] june de 2019 [fecha de consulta 03 de noviembre 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103100>

ALGIERI Catia, Pugliese Valerio, Coppola Gerardo, Surcio Stefano, Calabro Vincenza, Chakraborty Sudip, Arsenic removal from groundwater by membrane technology: Advantages, disadvantages, and effect on human health [en línea] November 2022 [fecha de consulta 16 de octubre del 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100815>.

ALIDOKHT Leila, Anastopoulos Ioannis, Ntarlagiannis Dimitrios, Pantelis Soupios Pantelis, Tawabin Bassam. Recent advances in the application of nanomaterials for the remediation of arsenic-contaminated water and soil [en línea] August 2021 [fecha de consulta: 22 de octubre de 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105533>.

ARMAS Cristhian Aníbal, Novillo Fernando Augusto, Aislamiento De Celulosa A Partir De Schoenoplectus Californicus (Totora) Y La Preparación De Algunos Compuestos Semisintéticos, [en línea] Noviembre 2018 [fecha de consulta 22 de septiembre del 2022] disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16933/1/T-UCE-0008-CQU-061.pdf>.

AVILA Alex Sander, Alata Vianey Rosa, Evaluación de la eficiencia de remoción del arsénico en agua subterránea utilizando harina de Totora Nativa (Schoenoplectus californicus) en la zona rural de Coata, región Puno, [en línea] julio de 2020 [fecha de consulta 15 de septiembre del 2022] disponible en https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3205/Alex_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BASU Mousumi , Guha Arun K, Ray Lalitagauri, Adsorption of Lead on Cucumber Peel, [en línea] 10 May 2017[fecha de consulta 03 de noviembre del 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.028>.

BENIS Khaled Zoroufchi , Soltan Jafar, Mcphedran Kerry, Electrochemically modified adsorbents for treatment of aqueous arsenic: Pore diffusion in modified biomass vs. Biochar, [en línea] 1 November 2021 [fecha de consulta 04 de noviembre del 2022], disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130061>.

CARDOSO Luisa, Catone Liliane, Alves Leandro Vinícius, A review on the use of lignocellulosic materials for arsenic adsorption, [en línea] 15 June 2021[fecha de consulta 04 de noviembre del 2022], disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112397>.

CARREÑO Uriel, Diseño debiocolumnas con biomasa seca y triturada de *E.crassipes* para el tratamiento de agua contaminada,[en línea], 01 de julio 2022, [fecha de consulta 17 de octubre del 2022], disponible en: <https://orcid.org/0000-0002-4801-5725>

CHEN Yu-Wei,YU Xiao, Belzile Nelson, Arsenic speciation in surface waters and lake sediments in an abandoned mine site and field observations of arsenic ecotoxicity,[en línea] October 2019 [fecha de consulta 09 de octubre del 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.106349>.

COELHO Jorge Marcell, Da silva Amanda Maria, Da silva João Hermínio, De paula Francisco José Filho, Da costa José Galberto, Coutinho Henrique Douglas M, PEREIRA Raimundo Nonato, Equilibrium, kinetics and thermodynamics of lead (II) adsorption in bioadsorbent composed by *Caryocar coriaceum* Wittm barks, [en línea] December 2020 [fecha de consulta 04 noviembre], disponible en <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128144>.

CONDORI Q. David, Evaluación de las propiedades físicas químicas y ópticas del papel tipo glassine obtenido a partir de fibras de totora (*Schoenoplectus tatora*, [en línea], 2010, [fecha de consulta 28 de septiembre del 2022] disponible en http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/3365/Condori_Quispe_David.pdf?sequence=4&isAllowed=y .

DE LA CRUZ V. Laura, Chamorro M. Juliana, Córdoba C. CarlosM, Physicochemical and mechanical characterization of 4 vegetable fibers used as raw material in the used as raw material for handicrafts in the Department of Nariño, [en línea] 02 June 2020. [fecha de consulta 17 de octubre del 2022] disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v88n216/2346-2183-dyna-88-216-96.pdf>.

Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano,[en línea] 26 de setiembre de 2010 [fecha de consulta: 23 de setiembre de 2022] disponible en <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>.

DICK W. Vania K, Pedrazz Cristiane, Colodette Jorge L, Chaves D.Rubens, Coldebella Rodrigo, Mohr G. Bruna, De Oliveira Saccol Angelo F, Cellulose pulp produced from bulrush fiber, [en línea], 2017 [fecha de consulta 26 de octubre del 2022] disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/331/33150130017.pdf>.

GE Jie,GUHA Biswarup, Lippincott Lee, Cach Stanley, Wei, Jinshan, Su Tsan-Liang, Meng Xiaoguang. Challenges of arsenic removal from municipal wastewater by coagulation with ferric chloride and alum, [en línea] 10 July 2020 [fecha de consulta: 29 de septiembre 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138351>

GULERIA Ashish, Kumari Garima, Lima Eder C, Ashish Deepankar Kumar, Thakur Vaishali , Singh Kulvinder, Removal of inorganic toxic contaminants from wastewater using sustainable biomass: A review, [en línea] 1 June 2022, [fecha de consulta 26 de diciembre del 2022] disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153689>.

HARE Vishvas, Chowdhary Pankaj, Singh Anil Kumar. Arsenic toxicity: adverse effect and recent advance in microbes mediated bioremediation, [en línea] 2020, [fecha de consulta: 22 de octubre de 2022], disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00004-8>.

HIDALGO C.Juan Revilla Esteban, Garcia Justo, Comparative chemical analysis of the bark and pith of cattail (Schoenoplectus pith of cattail (Schoenoplectus californicus) stems (Schoenoplectus californicus), [en línea] 14 November 2018 [fecha de consulta 23 de octubre 2022] disponible en <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1541773>.

HIDALGO C.Juan Revilla Esteban, Garcia Justo, Totorá (Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják) and its potential as a construction material, [en línea], February 2018, [fecha de consulta 18 de diciembre del 2022], disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.029>.

KAZMIERCZAK Jolanta, Trang D Trung , Jakobsen Rasmus , Van Hoan, LARSEN Flemming, UGILT Helle, QUY Nhan , POSTMA Dieke, Groundwater arsenic content in quaternary aquifers of the Red River delta, Vietnam, controlled by the hydrogeological processes,[en línea] June 2022, [fecha de consulta 17 de diciembre del 2022] disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127778>.

MAMANI Wilelas aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación, [en línea] 2019, [fecha de consulta 24 de diciembre del 2022], disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8865/UPDmanaw.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LIN Sen, Yang Hongjun , Na Zhiye , Lin Kuangfei, A novel biodegradable arsenic adsorbent by immobilization of iron oxyhydroxide (FeOOH) on the root powder of long-root Eichhornia crassipes, [disponible en], [fecha de consulta 17 de diciembre del 2022], disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.163>.

LOCHAN A. Ram, Thapa Anil, Bhoj Raj P. Bhoj, Raj P. Megh, Dahal Bipeen, Paudyal Hari, Nath G. Kedar, Effective biosorption of arsenic from water using La (III) loaded carboxyl functionalized watermelon rind [en línea] 3 January 2022, [fecha de consulta 10 de noviembre del 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103674>.

LUGO violeta L, Hernandez Susana, Barrera Carlos, Urena Fernando, Bilyeu Bryan, A comparative study of natural, formaldehyde-treated and copolymer-grafted orange peel for Pb(II) adsorption under batch and continuous mode, [en línea], 3 May 2008, [fecha de consulta 06 de noviembre del 2022] disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18550277/>.

LUO Qingying, Cheng Lan, Zhang Maiqi, Mao Yuxuan, Hou Yuanfei , Qin Wen, Dai Jianwu , Liu Yaowen, Comparison and characterization of polyacrylonitrile, polyvinylidene fluoride, and polyvinyl chloride composites functionalized with ferric hydroxide for removing arsenic from wáter, [en línea] November 2021 [fecha de consulta 04, de noviembre del 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101927>.

MASHKOOR Fouzia, Nasar Abu, Preparation, characterization and adsorption studies of the chemically modified Luffa aegyptica peel as a potential adsorbent for the removal of malachite green from aqueous solution, [en línea] 15 January 2019 [fecha de consulta 03 de noviembre del 2022], disponible en <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.10.119>

MOHAMED Mostafa Sh, Hozayen Walaa G, Alharbi Reem Mohammed, Ibraheem Borie M. Ibraheem, Adsorptive recovery of arsenic (III) ions from aqueous solutions using dried Chlamydomonas sp, [en línea] December 2022, [fecha de consulta 22 de diciembre de 2022] disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12398>.

NANDI Debabrata, Ghosh Suman Kumar, Ghosh Abir , Siengchin Suchart, Roy Amrita, Gupta Kaushik, Parameswaranpillai Jyotishkumar, Bhowmick Anil, Ghosh Uday C, Arsenic removal from water by graphene nanoplatelets prepared from nail waste: A physicochemical study of adsorption based on process optimization, kinetics, isotherm and thermodynamics, [en línea] December 2021[fecha de consulta 04 de noviembre del 2022], disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100564>

NAVARRO M. Wile, Determinación de la concentración de arsénico (as) total en OTZEN Tamara, Manterola Carlos, Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio, [en línea] 2017[fecha de consulta 03 de noviembre del 2022], disponible en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>.

PACHECO Luis, Capacidad de Adsorción de plomo (II) mediante el uso de totora (Scirpus californicus), en las aguas contaminada, [en línea] 2021 [fecha de consulta 28 de octubre del 2022] disponible en https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7726/T010_19910_127_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PAL Parimal, Tecnología basada en membranas para el tratamiento de aguas subterráneas, [en línea] 2020 [fecha de consulta 04 de noviembre del 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819455-3.00010-8>

RAJENDRAN Robin Marlar, Garg Sangeeta, Bajpai Shailendra. Study of transport models for arsenic removal using nanofiltration process: recent perspectives-Chapter 17. [en línea] 2020 [fecha de consulta: 22 de octubre de

2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819860-5.00017-1>.
REGLAMENTO N° 010-2016-ANA. Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, [en línea] [fecha de consulta: 2 de noviembre de 2022], disponible en https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf

RODRÍGUEZ A Suly Margoth, bioacumulación de metales pesados en *schoenoplectus californicus* (cyperaceae) de las áreas bentónicas en dos estaciones climáticas: el caso de estudio del lago san pablo. imbabura-ecuador, [en línea] 2018 [fecha consulatda 03 de noviembre, disponible en <https://hdl.handle.net/11441/83205>.

SENTHIL Rathi, P. Senthil Kuma, A review on sources, identification and treatment strategies for the removal of toxic Arsenic from water syste, [en línea] 15 September 2021[fecha de consulta 20 de septiembre del 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126299>.

SHUKLA Anurakti, Srivastava Sundhakar. A Review of Phytoremediation Prospects for Arsenic Contaminated Water and Soi- Chapter 8. [en línea] 2019 [fecha de consulta: 22 de octubre de 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813912-7.00008-9>.

SINGH Surinder, Kailas L. Wasewar, KUMAR Sushil, Capítulo 10 - Adsorbentes de bajo costo para la eliminación de impurezas inorgánicas de las aguas residuales,[en línea] 2020 [fecha de consulta 22 de septiembre del 2020] disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818965-8.00010-X>.

WEERASUNDARA Lakshika, Ok Yong-Sik, Bundschuh Jochen, Selective removal of arsenic in water: A critical review, [en linea] 1 January 2021[fecha de consulta 22 de diciembre del 2022], disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115668>.

XI Chunyan , WANG Runkai, RAO Pinhua, ZHANGJ Wenqi , YAN Lili ,LI Guanghui, CHAI Fei , CAI Yiyun,LUO Tingting,ZHOU Xiaoya Zhou, The fabrication and arsenic removal performance of cellulose nanocrystal-containing absorbents based on the “bridge joint” effect of iron ions, [en línea] 1 June 2020 [fecha de consulta 04 de noviembre del 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116129>.

YIN Chun, Li Shengjian , Liu Lingli , Huang Qilan , Zhu Guiping, Yang Xiangjun, Wang Shixiong. Structure-tunable trivalent Fe-Al-based bimetallic organic frameworks for arsenic removal from contaminated wáter, [en línea] January 15, 2022 [fecha de consulta: 22 de octubre de 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117101>.

ZACARÍAS Olga Lidia -Estrada, Ballinas Lourdes-Casarrubias, Montero María Elena-Cabrera, Loredó Rene Loredó-Portales, Orrantía Erasmo -Borunda, Luna Antonia -Velasco. Arsenic removal and activity of a sulfate reducing bacteria-enriched anaerobic sludge using zero valent iron as electron donor, [en línea] 15 February 2020 [fecha de consulta: 2 de octubre 2022] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121392>.

ANEXOS

Anexo N° 01: Operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Totora (Schoenoplectus californicus) y cloruro férrico (FeCl ₃)	La totora (Schoenoplectus californicus) no solamente acumula contaminantes cuando está viva, sino que se ha verificado que los tejidos de ejemplares secos pueden ser altamente eficientes en la retención de metales, actuando como resinas de intercambio, además de ello se puede activar químicamente con el Cloruro férrico para que mejore capacidad de adsorción.	Los tallos y raíz de la totora fueron seleccionados, lavados, secados y molidos para luego hacer tratamientos con diferentes dosis para la reducción de arsénico en aguas. De la misma forma se hará con la biomasa seca de la totora modificada química con cloruro férrico, los mismos que serán adicionados con agua que tienen el contaminante de arsénico.	Dosis de biomasa seca y molida de totora. Y dosis de biomasa seca de totora activada con FeCl ₃	0.2 0.5 0.8	Gr.
				0.2 0.5 0.8	Gr.
Arsénico en agua	La contaminación por arsénico de las aguas naturales es un problema mundial; ha recibido tenido una amplia atención porque tiene efectos adversos en organismos acuáticos y es cancerígeno. (Yin, et al., 2022, p. 1).	La disminución de arsénico, mediante el uso de la totora y cloruro férrico	Característica fisicoquímica del agua	pH	Ácido, básico y neutro
			Concentración de arsénico	Concentración inicial Concentración final	mg/L mg/L

FUENTE: Elaboración propia.



LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS DE AGUA

INFORME DE RESULTADOS N°: LO 076-2022

I. DATOS DEL SERVICIO

Proyecto : EFECTO DE LA TOTORA (*schoenoplectus californicus*) Y CLORURO FERRICO EN LA DISMINUCION DE ARSÉNICO EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL DISTRITO DE CARACOTO, 2022

Solicitante : Rolando Vilca Neyra

II. DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua subterránea

Número de puntos : 07

Muestreado por : Rolando Vilca Neyra

Ubicación, fecha y hora de muestreo:

Código	Dist./Prov./ Depart.	Punto de muestreo y/o coordenada	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
P-1	Caracoto/ San Román/ Puno	E:379701.894 N:8271103.986	13/12/22	7:50
P-2	Caracoto/ San Román/ Puno	E:381882.091 N:8272156.426	13/12/22	8:12
P-3	Caracoto/ San Román/ Puno	E:382552.843 N:8272520.462	13/12/22	8:28
P-4	Caracoto/ San Román/ Puno	E:382484.928 N:8271937.429	13/12/22	8:46
P-5	Caracoto/ San Román/ Puno	E:382981.218 N:8272229.464	13/12/22	9:08
P-6	Caracoto/ San Román/ Puno	E:382718.262 N:8272184.854	13/12/22	9:31
P-7	Caracoto/ San Román/ Puno	E:382787.636 N:8272331.454	13/12/22	9:54

III. DATOS DEL RESULTADO

CODIGO	TEMPERATURA (°C)	pH	ARSÉNICO (mg/l)
P-1	12.8	7.21	0.00627
P-2	12.7	7.14	0.01793
P-3	13.1	7.49	0.01587
P-4	13.8	7.29	0.01065
P-5	14.6	7.24	0.01037
P-6	14.7	7.27	0.00493
P-7	14.9	7.14	0.0079

IV. METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA- AWWA-WEF

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió


LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karín Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE

Juliaca, 23 de diciembre del 2022



LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS DE AGUA

INFORME DE RESULTADOS N°: LO.077-2022

I. DATOS DEL SERVICIO

Proyecto : EFECTO DE LA TOTORA (*schoenoplectus californicus*) Y CLORURO FERRICO EN LA DISMINUCION DE ARSÉNICO EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL DISTRITO DE CARACOTO, 2022

Solicitante : Rolando Vilca Neyra

II. DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua subterránea

Número de puntos : 10

Muestreado por : Rolando Vilca Neyra

Periodo de ensayo : 14 - 21/12/2022

III. DATOS DEL RESULTADO

CODIGO	ARSÉNICO (mg/l)
M - Inicial	0.03821
T - CF - 1	0.01951
T - CF - 2	0.01011
T - CF - 3	0.00636
T - CF - 4	0.01004
T - CF - 5	0.00917
T - CF - 6	0.00559
T - CF - 7	0.00659
T - CF - 8	0.00479
T - CF - 9	0.00464

IV. METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA- AWWA-WEF

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Juliaca, 23 de diciembre del 2022


LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karim Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE



LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS DE AGUA

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ.078-2022

I. DATOS DEL SERVICIO

Proyecto : EFECTO DE LA TOTORA (*schoenoplectus californicus*) Y CLORURO FERRICO EN LA DISMINUCION DE ARSÉNICO EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL DISTRITO DE CARACOTO, 2022

Solicitante : Rolando Vilca Neyra

II. DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua subterránea
Número de puntos : 10
Muestreado por : Rolando Vilca Neyra
Periodo de ensayo : 14 - 21/12/2022

III. DATOS DEL RESULTADO

CODIGO	ARSÉNICO (mg/l)
M - Inicial	0.03821
T - 1	0.02986
T - 2	0.02464
T - 3	0.02785
T - 4	0.01684
T - 5	0.01896
T - 6	0.01839
T - 7	0.01851
T - 8	0.01081
T - 9	0.00953

IV. METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA- AWWA-WEF

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Juliaca, 23 de diciembre del 2022

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Kelly Quispe
Ing. Kelly Quispe Quispe
CIP: 194084
GERENTE



LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS DE AGUA

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ080-2023

V. DATOS DEL SERVICIO

Proyecto : EFECTO DE LA TOTORA (*schoenoplectus californicus*) Y CLORURO FERRICO EN LA DISMINUCION DE ARSÉNICO EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL DISTRITO DE CARACOTO, 2022

Solicitante : Rolando Vilca Neyra

VI. DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua subterránea
Número de puntos : 10
Muestreado por : Rolando Vilca Neyra
Periodo de ensayo : 30/12/2022 – 03/01/2023

VII. DATOS DEL RESULTADO

CODIGO	ARSÉNICO (mg/l)
M – Inicial	0.03821
T – CF – 1	0.01712
T – CF – 2	0.01226
T – CF – 3	0.00751
T – CF – 4	0.01102
T – CF – 5	0.00825
T – CF – 6	0.00638
T – CF – 7	0.00613
T – CF – 8	0.00506
T – CF – 9	0.00482

VIII. METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA- AWWA-WEF

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Juliaca, 03 de enero del 2023


LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karín Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE



LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

ANÁLISIS DE AGUA

INFORME DE RESULTADOS N°: LO081-2023

V. DATOS DEL SERVICIO

Proyecto : EFECTO DE LA TOTORA (*schoenoplectus californicus*) Y CLORURO FERRICO EN LA DISMINUCION DE ARSÉNICO EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL DISTRITO DE CARACOTO, 2022

Solicitante : Rolando Vilca Neyra

VI. DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua subterránea
Número de puntos : 10
Muestreado por : Rolando Vilca Neyra
Periodo de ensayo : 30/12/2022 – 03/01/2023

VII. DATOS DEL RESULTADO

CODIGO	ARSÉNICO (mg/l)
M – Inicial	0.03821
T – 1	0.02794
T – 2	0.02565
T – 3	0.02851
T – 4	0.01422
T – 5	0.01504
T – 6	0.01769
T – 7	0.01742
T – 8	0.00991
T – 9	0.01552

VIII. METODO DE ENSAYO UTILIZADO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Método normalizados para análisis de aguas potables y residuales APHA- AWWA-WEF

- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Juliaca, 03 de enero del 2023


LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karim Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE

Ficha de Recolección de Datos						
TÍTULO	Efecto de la Titora (<i>Schoenoplectus californicus</i>) y Cloruro Férrico en la disminución de Arsénico en las Aguas Subterráneas en el Distrito de Caracoto, 2022.					
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y Gestión de recursos naturales					
ESTUDIANTES	Nelida Eva Saenz Gomez					
	Rolando Vilca Neyra					
ASESOR	Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto					
REMOCIÓN DE ARSÉNICO	Tratamiento	Factores		Concentración inicial de arsénico	Concentración final de arsénico	Remoción total de arsénico
		pH	dosis			
	T-1					
	T-2					
	T-3					
	T-4					
	T-5					
	T-6					
	T-7					
	T-8					
	T-9					
	T-10					
	T-11					
	T-12					
	T-13					
	T-14					
	T-15					
	T-16					
	T-17					
T-18						



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, QUEZADA ALVAREZ MEDARDO ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Efecto de la totora (*Schoenoplectus californicus*) y cloruro férrico en la disminución de arsénico en las aguas subterráneas en el distrito de Caracoto.", cuyos autores son SAENZ GOMEZ NELIDA EVA, VILCA NEYRA ROLANDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

Hemos revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 18 de Febrero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
QUEZADA ALVAREZ MEDARDO ALBERTO : 18110481 ORCID: 0000-0002-0215-5175	Firmado electrónicamente por: MAQUEZADAA el 18- 02-2023 12:45:21

Código documento Trilce: INV - 1076798