I. Título

REMOCION DEL ARSENICO DE LAS AGUAS MUNICIPALES Y POZOS DOMESTICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA POR FLOCULACION-COAGULACION

II. Resumen del Proyecto de Tesis

El estudio de remoción del arsénico presente en las aguas municipales y pozos domésticos de la ciudad de Juliaca, se realizará por medio del proceso de floculación y coagulación, utilizando como coagulante el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y como floculantes el hidróxido de sodio NaOH.

Los parámetros físico-químicos del arsénico, superan los valores máximos permisibles por la Ley General de Aguas.

Las variables de operación que se modificarán en todas las diluciones serán el pH, dosis de coagulante, se realizaran experimentos variando la velocidad de agitación y el tiempo de mezcla, con objeto de establecer las influencias en los procesos ensayados.

En las aguas municipales y pozos domésticos se estudiarán la influencia de la velocidad de agitación. En ambos casos se fijarán las siguientes condiciones: tiempo de mezcla, dosis de coagulante y se variación de la velocidad de agitación.

Con objeto de establecer la influencia que el pH ejerce en el proceso de precipitación alcalina de las aguas municipales y pozos domésticos, se determinará el modelo matemático por experimentación y estadística.

La validez del modelo de regresión matemático quedará demostrada por los valores hallados por el modelo matemático con las variables, volumen (V), tiempo (t) y pH.

Se espera que con este trabajo de investigación se determine cuáles son las variables más significativas en el proceso de recuperación del arsénico.

III. Palabras claves (Keywords)

Arsénico, coagulación, floculación, aguas municipales.

IV. Justificación del proyecto

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el valor para consumo humano es de 0,01 mg/l, los resultados en Juliaca indican que para cada litro de agua se encontró 0.036 miligramos de arsénico. La muestra pertenece a la laguna artificial próxima al punto de captación de SEDA Juliaca en el río Coata. En esta laguna desembocan los desechos de aceites de cerca de 40 lubricentros en la avenida Huancané de Juliaca y otro

tanto de varios lavaderos de carros. El riesgo es latente porque se ha formado un foco de alta contaminación.

El estudio fue encargado al Laboratorio B y C S.A.C, por el Colegio de Ingenieros del Perú-Puno y los resultados fueron entregados entre el 03 y el 10 de febrero. Entonces, es absolutamente razonable la sospecha de que en Juliaca estamos consumiendo agua potable, más contaminada de lo que imaginamos.

El Colegio de Ingenieros advierte la existencia de "problemas sanitarios, ambientales y estéticos, derivados de la sobrecarga de nutrientes de aguas residuales contaminadas por actividades informales, como se aprecia en la zona adyacente a la Planta de captación y Tratamiento de Agua".

El consumo de esta agua contaminada con arsénico y coliformes acarrea graves consecuencias en la salud de las personas.

Existen otros datos que nos muestran la dimensión del problema de contaminación de aguas. "Según estudios realizados, en la cuenca del río Coata al 2011 existían 12 vertimientos de aguas residuales, 11 domésticos sin autorización, 01 vertimiento de agua residual tratada y autorizada a la Unidad Minera El Cofre de la Empresa CIEMSA (Paratia, Lampa) y 04 pasivos ambientales".

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente ya que está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico. La exposición prolongada a este elemento, principalmente a través del consumo de agua contaminada o comida preparada con esta y cultivos alimentarios regados con agua rica en arsénico puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas (cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies) que pueden aparecer con una exposición mínima de 5 años y que pueden derivar en cáncer de piel, de vejiga y de pulmón. Es importante destacar que el arsénico representa una amenaza importante para la salud pública cuando se encuentra en aguas subterráneas contaminadas. Esta contaminación es generalmente de origen natural y uno de las regiones donde esto ocurre es en nuestro país. La contaminación del agua potable y las aguas subterráneas con arsénico existen como inones As (V) inorgánico insoluble en agua o moléculas de As (III), lo cual es un problema en la ciudad de Juliaca, por lo que se requiere especial atención. Esto perjudica severamente la vida de las personas y la ecología de su entorno. Por lo que es necesario promover la recuperación del arsénico.

V. Antecedentes del proyecto A

5.1. A nivel nacional

➤ Trelles (2013), la presente tesis analiza la viabilidad de ocho especies vegetales para remover arsénico en medio acuoso e identifica los parámetros que caracterizan su capacidad de biosorción.

Los resultados obtenidos mostraron que todas las especies presentan una apreciable capacidad de remoción, entre 23.1% y 78.9%. Tres de ellas (*Phaseolus vulgaris*, *Hordeum sativum*, *Linum usitatissimum*) se correlacionaron de manera satisfactoria con los modelos de cinética de biosorción de primer y pseudo-segundo orden ($R > 0.90$). Las muestras de *Phaseolus vulgaris* (frijol) y *Hordeum sativum* (cebada) presentaron la mayor capacidad de biosorción de arsénico con respecto a las otras especies analizadas (nfrijol=0.7274 y ncebada=0.9856). Dicha biosorción se encuentra descrita de manera satisfactoria por los modelos de biosorción de soluto simple de Freundlich.

➤ Castro de Esparza M.L. (2006), Varios países de América han reportado la existencia de población expuesta crónicamente a concentraciones de arsénico en agua de bebida, superiores a las previstas por la normatividad de los países. Es el caso de Canadá, Estados Unidos, Chile, Perú, Bolivia, México, El Salvador y Nicaragua. Algunos de estos países han resuelto total o parcialmente el problema de disposición de tecnología, dependiendo de que la población afectada fuera rural o urbana. Existen alrededor de 14 tecnologías para remover arsénico del agua con eficiencias de 70 a 99%. Los métodos de coagulación-floculación y ablandamiento con cal, son los más usados en grandes sistemas y no exclusivamente para remover el arsénico. En pequeños sistemas puede aplicarse el intercambio iónico, alúmina activada, ósmosis inversa, nanofiltración y electrodiálisis inversa. Las tecnologías emergentes son: arena recubierta con óxidos de hierro, hidróxido férrico granular, empaques de hierro, hierro modificado con azufre, filtración con zeolita, adición de hierro con filtración directa y remoción convencional de hierro y manganeso. En América Latina, los estudios han estado orientados al uso de la coagulación química: con sulfato de aluminio, cal hidratada y polielectrolito de sodio, y han logrado tenores de arsénico a 0,12-0,15mg/L. Con coagulación directa sobre filtro y con coagulación-floculación han logrado alcanzar valores bajo 0,05mg/L. En la remoción mediante adsorción han empleado hematitas y materiales con alto contenido de hierro y superficies de carga positiva (arcilla verde

natural, arcillas activadas, zeolita natural y activada y carbón de hueso).

➤ Cubillas (2015), En las pruebas de laboratorio para determinar la capacidad de adsorción de la arena verde, mediante el uso de la columna (RSSCT) para tiempo de contacto de 8 minutos y 4 minutos, se determinó que por cada volumen de lecho los porcentajes de remoción para un tiempo de contacto de 8 minutos son mayores. Se usó el modelo de Clark debido a que se ajusta mejor a la isoterma de Freundlich. Se utilizó las constantes de Freundlich para ajustar los datos al modelo de Clark, a partir del cual se realizó el escalamiento con datos experimentales para encontrar los parámetros de diseño de una columna a escala completa con un caudal de 25,92 L/s (93,312 m³ /h). La columna a escala completa diseñada con la información proporcionada por la curva de rompimiento y los datos experimentales tiene un EBCT de 8 min, una altura de 7,2 m, un diámetro de 1,28 m, se requiere una masa de arena verde de 4980 kg, con estas características esta columna sería capaz de tratar 18924 m³, en 8,45 días, después de la cual se tiene que realizar una regeneración de la arena verde.

5.2. A nivel Internacional

➤ Sámano, (2016). Los resultados obtenidos mostraron que los contaminantes se permean a través de las zonas vadosas del suelo, por el uso de plaguicidas y otros productos químicos.

El tiempo de agotamiento es fuerte función de la capacidad de adsorción del sistema y las concentraciones del alimentador.

Los flujos óptimos de operación de remoción del arsénico utilizando CAG no es eficiente debido a que éste no tiene sitios activos para adsorber aniones y es así como generalmente se encuentran el arsénico en el agua en forma de arsenitos y arseniatos.

Para que funcionara, sería necesario modificarlo con fierro.

Los costos de tratamiento de remoción del arsénico son sumamente elevados y únicamente sería rentable si los costos son asumidos por el usuario y/o por presupuesto canalizado de salud pública o si el problema de escasez de agua de la zona justifica la inversión.

➤ Rodríguez - Milena (2008). La coagulación de As (V) con sales de Al (III) y Fe (III) es un método reconocido como uno de los más eficientes para la remoción de arsénico. Las sales de hierro y aluminio se hidrolizan formando hidróxidos sobre los cuales el As (V) se adsorbe y coprecipita.

Es un proceso efectivo de remoción de As (V) de acuerdo a ensayos de laboratorio y

planta piloto. El tipo de coagulante y dosis usada afectan la eficiencia del proceso. Entre altos o bajos rangos de pH, la eficiencia decae significativamente.

El alumbre demostró una menor efectividad que el sulfato férrico. Otros coagulantes están siendo ensayados.

La superficie del hidróxido tiene un carácter anfótero, por lo que puede recibir y entregar protones. Se encuentra con carga neutra en su punto isoeléctrico, dependiendo por lo tanto su carga del pH del medio. Para la adsorción de aniones deberá estar cargada positivamente.

El proceso de oxidación-coagulación es aplicable para aguas superficiales con alta turbiedad, donde además de As deben removerse otros contaminantes. En estos casos es justificable un tratamiento convencional que incluya: mezcla, floculación, sedimentación y filtración, donde la mayor parte de As se remueve durante la sedimentación.

La remoción con sulfato de aluminio depende del pH. La mayor remoción de As (V) se obtiene para $\text{pH} < 7,0$, en cambio la eficiencia de remoción con cloruro férrico parece ser independiente del pH en el rango de 5,5 a 7,0.

En fuentes subterráneas, donde el agua es de mejor calidad, el tratamiento convencional no es recomendable por la complejidad de la operación, la cantidad del coagulante, los volúmenes del lodo producido y el costo de la planta.

➤ Farías S.S., *et al* (2009), La mayoría de los métodos colorimétricos para la medición de arsénico se basan en el antiguo método de Gutzeit. Este método genera gas arsina por reducción de As en condiciones ácidas por adición de polvo de cinc y cuantificación de la arsina por atrapamiento, ya sea en solución de dietilditiocarbamato de plata o en papel impregnado con bromuro de mercurio. Varias intercomparaciones con resultados de laboratorio indicaron un límite de detección efectivo de $1,3 \mu\text{mol As L}^{-1}$ ($100 \mu\text{g As L}^{-1}$) de As para varios *kits* de campo basado en este método.

El método ha sido usado ampliamente por investigadores desde entonces, sin modificación significativa para análisis también en aguas naturales conteniendo $0\text{--}10 \mu\text{mol L}^{-1}$ de fosfato. La mayoría de estos resultados indican un límite de detección de $\sim 0,26 \mu\text{mol L}^{-1}$ ($20 \mu\text{g L}^{-1}$), ensayaron distintos oxidantes para el pasaje de As(III) a As(V) encontrando que los mejores eran KMnO_4 y NaOCl .

VI. Hipótesis del trabajo

6.1. Hipótesis general

Conociendo el método de precipitación alcalina se recupera el arsénico de las aguas municipales y subterráneas de la ciudad de Juliaca.

6.2. Hipótesis específica

- Bajo diferentes condiciones de operación se determinará la remoción del arsénico
- Se determinan los parámetros óptimos de pH, temperatura y tiempo de remoción de arsénico.
- Conociendo el proceso de remoción del arsénico por el método de precipitación alcalina se determina la cinética y el modelo matemático.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo general

Determinar la eficacia de remoción del arsénico de las aguas municipales y subterráneas de la ciudad de Juliaca por el método de precipitación alcalina

7.2. Objetivos específicos

- Determinar la degradación del arsénico bajo diferentes condiciones de operación
- Definir la tecnología propuesta, dando a conocer los parámetros óptimos de pH, temperatura y tiempo de remoción de arsénico.
- Determinar el modelo cinético y matemático para el proceso de remoción del arsénico

VIII. Metodología de investigación

9.1. Población y muestra

Muestra no probabilística o dirigida

En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. (Hernández *et al* 2014).

9.2. Metodología

Las aguas municipales y pozos domésticos de la ciudad de Juliaca, son empleados en este trabajo para la remoción del arsénico presente. donde el 86% de las muestras colectadas directamente de las tuberías de agua potable exceden los límites establecidos por la OMS y nuestra normativa nacional. En los distritos de Juliaca y Caracoto, la situación es peor puesto que el 96% de las muestras de agua potable superaban estos límites.

El equipo que se empleará para realizar el tratamiento de precipitación alcalina

(coagulación-floculación) es un Jar test. Este dispositivo consiste en una serie de 4 agitadores de varilla múltiples que giran a la misma velocidad. Las palas agitadoras están diseñadas para apilar los sedimentos en el centro del fondo de los vasos, pudiéndose subir y bajar, sin parar el motor.

Los coagulantes utilizados para el tratamiento de precipitación alcalina (coagulación-floculación) son: sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), ambos combinados con cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) o NaOH.

El procedimiento experimental de coagulación-floculación consta de las siguientes fases:

- Preparación de la muestra: en un vaso de 600 mL se vierten 300 mL de la muestra a tratar. A continuación se añade la dosis correspondiente de coagulante y se eleva el pH hasta el valor seleccionado mediante la adición de hidróxido de calcio, en forma de lechada de cal.
- Coagulación: se coloca el vaso en uno de los brazos del Jar-test y se agita a una velocidad de 200 rpm durante 3 minutos.
- Floculación: se disminuye la velocidad de agitación a 40 rpm y se mantiene en agitación durante 25 minutos.
- Sedimentación: se deja reposar el contenido del vaso durante 30 minutos en un embudo de decantación.

9.3.1. Pruebas estadísticas que se utilizarán

Se basa en el diseño factorial de Kafarov, es una técnica de análisis estadístico que nos permitirá planificar y estimar adecuadamente los factores investigados, se utilizara el programa estadístico Statgraphics Centurión XVI.

El diseño factorial de experimentos constituye un caso especial de regresión múltiple, en el que la obtención de la inversa de la matriz de regresión es sencilla, siempre y cuando los experimentos cumplan la condición de ortogonalidad. El diseño factorial se basa en generar datos ortogonales.

$$N = 2^k$$

Donde:

N = Número total de experimentos

k = Número de variables

En nuestro caso, como hemos mencionado, se realiza un experimento que depende de tres factores y se plantea dos niveles, por lo que se requerirán:

$$\text{Número de experimentos} = N^k = 2^3 = 8 \text{ experimentos}$$

Cuya resolución será la siguiente:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_1^2 + B_5X_2^2 + B_6X_3^2 + B_7X_1X_2 + B_8X_1X_3 + B_9X_2X_3 \quad (32)$$

Donde:

Y = Variable respuesta rendimiento

X₁, X₂ y X₃ = Variables codificadas de entrada: pH, velocidad de mezclado y tiempo de retención

X₁X₂, X₁X₃, X₂X₃ y X₁X₂X₃ = Interacciones entre las tres variables principales

Primero hallaremos los valores de X₁, X₂ y X₃ en función a las variables de entrada del proceso y luego los valores de b₀, b₁, b₂, b₃,...b₇ (estimadores de los coeficientes de regresión) en función a la variable respuesta Rendimiento (Y).

Tabla 1. Identificación de variables y niveles de operación

Variables	Nivel -1	Nivel +1	Punto Central
<ul style="list-style-type: none"> ▪ X₁: pH ▪ X₂: Velocidad de mezclado ▪ X₃: Tiempo 			

1. Transformación de variables

a) Cálculo del promedio:

$$P = \frac{Z_{j \max} + Z_{j \min}}{2}$$

Donde:

P = Promedio

Z_{jmax} = Nivel máximo de las variables Xi

Z_{jmin} = Nivel mínimo de las variables Xi

b) Cálculo de la diferencia

$$D = \frac{Z_{j \max} - Z_{j \min}}{2}$$

Donde:

D = Diferencia

c) Cambio de variables

2. Número y configuración de experimentos

3. Cálculo de la varianza

Las únicas observaciones repetidas son las pruebas 8, 9 y 10 que corresponden al punto central. Con estas se calcula la varianza estimada (Miranda 1998).

- a) Cálculo del promedio aritmético de puntos centrales (PC)

$$Y = \frac{\sum(PC)}{3}$$

Donde:

PC = Puntos centrales

- b) Cálculo de desviaciones cuadráticas PC

$$SDC = \sum(Y_{iPC} - Y_{PC})^2$$

Donde:

SDC = Desviaciones cuadráticas

- c) Cálculo de varianza o error cuadrático medio

$$S^2 = \frac{\sum(Y_{iPC} - Y_{PC})^2}{C - 1}$$

Donde:

C = Grados de libertad

- d) Cálculo de desviación estándar

$$S_x = \sqrt{\frac{S_e^2}{N - k}}$$

Donde:

S_e^2 = Varianza

k = Número de coeficientes de la ecuación de regresión

N = Número total de datos experimentales

4. Formulación de la tabla factorial para análisis de datos

En esta fila, se calcula la desviación estándar para luego determinar la significancia de cada uno de los coeficientes de la ecuación de regresión, con la siguiente formulación. (Miranda 1998).

$$S_{bj} = \frac{Se}{[N]^{1/2}}$$

Para el diseño factorial de dos niveles y tres factores se realizan ocho pruebas. Si se agrega una variable ficticia X_0 en la que todos sus elementos son +1, resulta la siguiente tabla:

Tabla 2. Análisis del Diseño Factorial 2³

N° DE EXPERIMENTOS	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	RESPUESTA
1	+1	-1	-1	-1	Y ₁
2	+1	+1	-1	-1	Y ₂
3	+1	-1	+1	-1	Y ₃
4	+1	+1	+1	-1	Y ₄
5	+1	-1	-1	+1	Y ₅
6	+1	+1	-1	+1	Y ₆
7	+1	-1	+1	+1	Y ₇
8	+1	+1	+1	+1	Y ₈

5. Ecuación de regresión

Llegaremos al siguiente modelo de ecuación:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_1X_2 + b_5X_1X_3 + b_6X_2X_3 + b_7X_1X_2X_3$$

Donde:

Y = Variable respuesta

X₁ = pH

X₂ = Temperatura

X₃ = Tiempo de retención

b_i = Constantes del modelo matemático (se calculará)

6. Cálculo del efecto de la curvatura

a) Promedio de los experimentos factoriales

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N}$$

b) Promedio de los puntos centrales

$$\bar{Y}_c = \frac{\sum Y}{3}$$

c) Efecto de la curvatura

$$EC = \frac{\bar{Y}_c - \bar{Y}}{3}$$

d) Intervalo de confianza

$$IC = tSe = \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{C}}$$

7. Bondad de ajuste

- Cálculo de desviaciones cuadráticas entre valor experimental y valor predicho con ecuaciones de regresión.
- Cálculo de varianza residual

$$S_r^2 = \frac{SDC}{N - L}$$

Donde:

N = Número de pruebas

L = Número de coeficientes significativos en la ecuación de regresión

IX. Referencias

- Castro de Esparza M.L.(2006) "Remoción del arsénico en el agua para bebida y biorremediación de suelos" Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS-SB/SDE/OPS) Urbanización Camacho, La Molina, Lima, Perú
- Cubillas Terreros, Gina Paola (2015) "Estudio experimental para adsorción de arsénico con lecho de arena verde mediante prueba rápida en una columna a pequeña escala (RSSCT)" Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Química e Ingeniería Química E.A.P. de Ingeniería Química.
- Cho Cochran W. (1978) "Diseños Experimentales" Edit. Trelles. México
- Chopey N.P.-Hicks T.G. "Manual de Cálculos de Ingeniería Química" Edit. Mc Graw Hill primera edición – 1986.
- Farías S.S., M.I. Litter. M.A. Armienta (2009), "Metodologías analíticas para la determinación y especiación", Editado por CYTED, ISBN: 978-84-96023-71-0. Argentina
- Fernández Estela Amarildo (2011) "Evaluación técnica de la identificación de fuentes de contaminación y monitoreo de la calidad del agua en las cuencas Coata, Illpa, Ilave y Laguna Pasto Grande" Autoridad Nacional del Agua. Dirección de gestión de Calidad de los Recursos Hídricos.
- Hernández Sampieri R., Fernández ollado C. Baptista Lucio M. (2014)"Metodología de la Investigación" Edit. Mc Graw Hill, México.

8. Irwin Thomas. 2008. Floculadores, fundamentos “Engineer’s Guide to Water and Wastewater,” Philadelphia Mixers.
<http://www.engineering fundamentals.net/Floculadores/fundamentos.htm>
9. Lau lih. 2007. Cactus potential as natural coagulant in water treatment. Universidad tecnológica Malaysia. Malaysia. Tesis en Línea [Consultado el 31 de agosto del 2011].
10. Medina, L.F. (1998) “Investigando en Ingeniería” Edit. UNSA, Arequipa
11. Restrepo Osorno, Hernán. 2009. Evaluación del proceso de Coagulación – Floculación de una planta de tratamiento de agua potable. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas.
12. Ritcher y Cánepa. (1992) Manual Diseño, criterios para el diseño de Floculadores y sedimentadores. CEPIS, Perú. Libro publicado en la página del CEPIS. Brasil.
13. Rodríguez Roberto, Echeverría Milena (2008) “Reducción de Arsénico en agua, uso de un método doméstico” Seminario AGUA. Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental. Facultad Regional Bahía Blanca Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N.Regional Bahía Blanca
14. Sámano, María Luisa (2016) “Estudio de Opciones Eficientes de Tratamientos de Agua para Remoción de Algunos Contaminantes a Bajos Costos Considerando los Impactos Ambientales Resultantes de los Mismos” Universidad Europea del Atlántico.
15. Trelles Bautista, Jesús A. (2013) “Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomasa vegetal inerte” Tesis para optar el grado académico de maestro en ciencias con mención en tratamiento de aguas y reuso de desechos, UNI-Lima.

X. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

El tratamiento del arsénico presente en las aguas municipales y pozos domésticos de la ciudad de Juliaca, mediante el proceso de precipitación alcalina (coagulación-floculación) tiene interés sobre el medio ambiente porque elimina potencialmente el arsénico de las mencionadas aguas.

El interés en procesos de descontaminación se debe a que el arsénico es considerado perjudicial para la salud y medio ambiente.

Respecto al arsénico existen parámetros que indican cuales son los valores de límite máximo permisibles de estos contaminantes en las aguas municipales y pozos domésticos, según la OMS los valores límite para los metales pesados de las aguas de consumo humano puede variar de acuerdo a los sectores industriales y a las regulaciones nacionales.

XI. Impactos esperados

11.1. Impactos en Ciencia y Tecnología

La precipitación alcalina tiene interés industrial porque elimina potencialmente al arsénico y metales pesados tóxicos procedentes de aguas residuales, residuos industriales de procesos metálicos y minero, puede conducir a una detoxicación y cura de la descarga ambiental. Actualmente se vienen desarrollando nuevas técnicas para el tratamiento de este tipo de efluentes las cuales son viables y permiten la eliminación de estos contaminantes de manera efectiva.

11.2. Impactos económicos

Al efectuarse el proceso de descontaminación del arsénico en las aguas municipales y pozos domésticos de la ciudad de Juliaca, se evitaran los futuros costos económicos que representa eliminar el arsénico y metales pesados y otros contaminantes en las aguas subterráneas que pudieran ser alcanzados por éstos.

11.3. Impactos sociales

El alto contenido de arsénico en las aguas municipales y pozos domésticos de la ciudad de Juliaca es consumida diariamente por la población, lo cual origina que sufran de diversas enfermedades. El presente trabajo de investigación tiene como uno de sus objetivos el descontaminar el arsénico del agua de consumo humano por el proceso de precipitación alcalina, evitando de esta manera las posibles enfermedades y dándoles mejor calidad de vida.

11.4. Impactos ambientales

La contaminación ambiental y el deterioro de algunos ecosistemas han sido intensificados debido al incremento de la actividad industrial, generando una acumulación de arsénico y metales pesados. Las aguas residuales provenientes de las actividades mineras y metalúrgicas son consideradas como la mayor fuente de contaminación de arsénico y metales pesados y la necesidad de métodos económicos y efectivos para la remoción de estos metales ha conllevado al desarrollo de nuevas tecnologías de separación.

Muchas de estas sustancias tóxicas que contienen arsénico y metales pesados tienden a persistir indefinidamente en el medio ambiente, comprometiendo la salud de las

personas mediante su acumulación e ingreso a la cadena alimenticia.

Un proceso de bajo costo es la precipitación alcalina, la cual tiene capacidad de adsorber el arsénico y otros metales que se encuentran como principales contaminantes en las aguas de consumo humano y de los cuales el arsénico es quien presenta mayor afinidad al proceso de precipitación alcalina.

XII. Recursos necesarios

12.1. Materiales, reactivos y equipo

12.1.1. Material de origen orgánico-inorgánico

Arsénico presente en las aguas municipales y pozos domésticos en la ciudad de Juliaca

12.1.2. Materiales de Laboratorio

- Estufa
- Fiolas de 100 ml, Clase A
- Vasos de precipitado de 100,400,1000 mL
- Matraces Erlenmeyer de 100,250 mL
- Pipetas volumétricas (5mL,10mL, 15mL y 25 mL)
- Baguetas de vidrio
- Embudos de vidrio
- Espátula de acero inoxidable
- Piscetas
- Buretas
- Papel filtro
- Soporte de madera para embudos.

12.1.3. Equipos

- Termómetro digital Marca FISHER SCIENCE EDUCATION
- Balanza Marca METTLER TOLEDO AB204 Max. 210g Min. 10 mg
- pH metro Marca FISHER SCIENCE EDUCATION
- Equipo de Jar test

XIII. Localización del proyecto

El desarrollo del estudio de investigación se realizará en el ámbito de la ciudad de Puno y en los laboratorios de química de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano.

Ubicación:

Provincia : Puno

Departamento : Puno

Dirección : Av. Sesquicentenario N° 1150 – Puno