



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Influencia del pH en la adsorción de arsénico con goma de *Prosopis pallida* en aguas subterráneas del distrito de Mórrope.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

Leydy Heidy, Cubas Rivera (ORCID: 0000-0001-6819-8859)

**ASESORES:**

Dr. César Augusto, Monteza Arbulú (ORCID: 0000-0003-2052-6707)

Dra. Bertha, Gallo Gallo (ORCID: 0000-0001-8271-9593)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales.

**CHICLAYO- PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A:

En primer lugar, a Dios porque sé que esta y ha estado conmigo guiándome, dándome una buena salud, por llenarme de conocimientos, e iluminado mi camino para cumplir con todos mis propósitos y que ahora estoy dando por concluir uno de ellos. (Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.)

Mi padre Cubas Fuentes Domingo, quien día a día se está esforzando trabajando para luchar por mi futuro, por darme buenos valores, por ayudarme a crecer como persona, gracias papá por apostar y creer en mí y apoyarme en todo, en especial lo que ahora será mi carrera profesional.

Mi madre Rivera Clavo Rita, por darme la vida, por esforzarte a darnos lo mejor, gracias por todos los consejos y estar conmigo en los buenos y malos momentos, por creer que puedo hacer lo que me proponga, por motivarme a mejorar día a día como persona y como profesional.

A mis hermanas Sady, Stacy Nicole y Jenny Tatiana, gracias por existir, por enseñarme y motivarme a ser mejor cada día, y que a pesar de todo tengo su apoyo incondicional.

A mi abuelita Araminda Clavo Olivera, quien desde el cielo sé que está muy orgullosa de mí.

Y aquellas personitas muy especiales en mi vida que me apoyaron dentro y fuera de la universidad demostrando su amistad que me impulsaban a seguir con mi objetivo.

*Leydy*

## **Agradecimiento**

Gracias a Dios por todo lo que me ha dado, vida, salud, conocimientos y las fuerzas de seguir a delante y querer superarme para cumplir con mi objetivo a pesar de todas las adversidades que paso durante mi carrera universitaria.

A mis padres y hermanas quienes son y serán mi mayor motivo de superación, gracias por el apoyo incondicional que no me ha faltado, por la motivación que me han brindado que me ha permitido ser más madura y más responsable de mis actos, actos que hoy en día dan sus frutos.

Así mismos a agradecer a mis docentes que me ayudaron con mi formación profesional durante mis cinco años de universidad.

En especial a mis asesores de tesis él Dr. Monteza Arbulú, y a la Dra. Gallo Gallo Bertha Magdalena, dándoles de antemano mis agradecimientos por tanto apoyo, paciencia y tiempo.

*Leydy*

## **Página del Jurado**



### Declaración de Autenticidad

Yo, Cubas Rivera Leydy Heidy, alumna de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Chiclayo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada “Influencia del pH en la adsorción de arsénico con goma de *Prosopis pallida* en aguas subterráneas del distrito de Mórrope.”, son:

1. De mi autoría.
2. La presente Tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. La Tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en la presente Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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 me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 25 de agosto del 2020

---

Cubas Rivera Leydy Heidy

DNI: 76628212

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figura.....	viii
Índice de anexos.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRAC.....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>15</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
2.2. Operacionalización de variables.....	15
2.3. Población, muestra y muestreo.....	15
2.4. Técnicas e instrumentos de correlación de datos, validez y confiabilidad.....	15
2.5. Procedimiento.....	18
2.6. Método de análisis de datos.....	21
2.7. Aspectos éticos.....	21
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>37</b>
<b>Autorización de publicación de tesis en repositorio.....</b>	<b>44</b>
<b>Acta de aprobación de originalidad de tesis.....</b>	<b>45</b>
<b>Reporte de Turnitin.....</b>	<b>46</b>
<b>Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....</b>	<b>47</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 01.</b> <i>Composición química de goma de Prosopis pallida (algarrobo).</i> .....	9
<b>Tabla 02.</b> <i>Parámetros iniciales del agua de pozo (Prueba control).</i> .....	22
<b>Tabla 03.</b> <i>Concentración final de As en pH 7 con distintas dosis.</i> .....	22
<b>Tabla 04.</b> <i>Concentración final de As en pH 6 con distintas dosis.</i> .....	23
<b>Tabla 05.</b> <i>Concentración final de As en pH 5.5 con distintas dosis.</i> .....	24
<b>Tabla 06.</b> <i>Concentración final de As en pH 4 con distintas dosis.</i> .....	24
<b>Tabla 07.</b> <i>Concentración final de As en pH 3 con distintas dosis.</i> .....	25
<b>Tabla 08.</b> <i>Resultado final de la concentración de As después del tratamiento.</i> .....	26
<b>Tabla 09.</b> <i>Porcentaje de adsorción de As con goma de algarrobo.</i> .....	27
<b>Tabla 10.</b> <i>Mayor eficiencia de adsorción de As.</i> .....	28

## Índice de figura

<i>Figura 01.</i> Ciclo del arsénico .....	5
<i>Figura 02.</i> Goma de Prosopis pallida estructura molecular. ....	9
<i>Figura 03.</i> Variedad de leguminosas que poseen galactomanano.....	10
<i>Figura 04.</i> Estructura de las leguminosas en semilla. ....	11
<i>Figura 05.</i> Mapa de la zona de estudio. ....	16
<i>Figura 06.</i> Diagrama de flujo procedimiento. ....	20
<i>Figura 07.</i> Concentración de As a pH 7. ....	23
<i>Figura 08.</i> Concentración de As a pH 6. ....	23
<i>Figura 09.</i> Concentración de As a pH 5.5. ....	24
<i>Figura 10.</i> Concentración de As a pH 4. ....	25
<i>Figura 11.</i> Concentración de As a pH 3. ....	25
<i>Figura 12.</i> Concentración final de As a distintas dosis y pH. ....	26
<i>Figura 13.</i> Porcentaje de adsorción de As. ....	28



## Índice de anexos

Anexo 01. Operacionalización de variables. ....	37
Anexo 02. Recolección de vainas(fruto) de Prosopis pallida. ....	38
Anexo 03. Humedecer la vaina para la extracción de la semilla. ....	38
Anexo 04. Semilla extraída. ....	38
Anexo 05. Reducción de humedad en la estufa. ....	39
Anexo 06. Molienda. ....	39
Anexo 07. Tamizado y separación de la goma. ....	39
Anexo 08. Toma de muestra en el pozo de tajo abierto Cruz del Médano. ....	40
Anexo 09. Dosis goma de Prosopis pallida. ....	40
Anexo 10. Preparación de la goma. ....	40
Anexo 11. pH a trabajar. ....	41
Anexo 12. Prueba de jarras. ....	41
Anexo 13. Determinación de concentración final de As con el test de arsénico después del tratamiento. ....	41
Anexo 14. Análisis de laboratorio. ....	42

## RESUMEN

El actual trabajo de investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del pH en la adsorción de arsénico con goma de *Prosopis pallida* en aguas subterráneas del distrito de Mórrope, para ello se tuvo en cuenta los siguientes objetivos específicos tales como: cuantificar la concentración de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope, dosificar la goma de *Prosopis pallida* para la adsorción de arsénico a distintos pH en aguas subterráneas del distrito de Mórrope y cuantificar la concentración final de arsénico después del tratamiento con las diferentes dosis a distintos pH, y para lograr dicho tratamiento es de suma importancia mencionar que para extraer la goma de la semilla se realizó mediante un proceso mecánico y en 20 ml de agua destilada a 100 °C se obtuvo la goma.

Antes del tratamiento se procedió a realizar análisis fisicoquímico del agua subterránea y los datos fueron: pH al 8.486, conductividad al 616.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y la concentración de As 0.10 mg/l (prueba control) altamente peligroso para la salud, y con ayuda de la prueba de jarras a 700 ml con distintas dosis de 0.50g, 0.75g, 1g, 1.50g, 2g, 2.50g de goma a diferentes pH 7, 6, 5.5, 4 y 3. Y con el test de arsénico MQuant (2019) después del tratamiento se procedió a medir la concentración final teniendo como resultado, donde el 2.50mg/l a pH 6 adsorbió mayor cantidad de este metaloide a 0.003mg/l logrando un 97% de eficiencia, teniendo en cuenta que el pH influye en este proceso.

**Palabras claves:** Goma, algarrobo, pH, adsorción, arsénico.

## ABSTRAC

The following study has as a main objective the determination of the influence of pH in the absorption of arsenic using the rubber from *Prosopis pallida* in subterranean waters of the district of Morrope. Afterwards the specific objectives were identified such as quantifying the arsenic concentration in subterranean waters of the district of Morrope; dosing the rubber of *Prosopis pallida* that was required in order to absorb arsenic in different pH levels found in subterranean waters of the district of Morrope; as well as quantifying the final concentration of arsenic found after the treatment was done with different doses of Ph. It is necessary to mention that in order to achieve the treatment aforementioned, this study required to extract the rubber from the seed through a mechanical process and put it in 20 ml of distilled water at 100 °C to obtain the processed rubber.

Before the treatment was executed, the study started a physicochemical analysis of the subterranean water in which: pH 8.486, a conductivity of 616.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and the concentration of arsenic 0.10 mg/l (control test) highly harmful to health. This study also employed the jar testing of 700 ml each with different doses of 0.50 g, 0.75 g, 1 g, 1.50 g, 2 g, the rubber and 2.50 g with different pH levels: 7, 6, 5.5, 4 and 3. Using the MQuant arsenic test (2019) after the treatment in order to measure the concentration, the study found that at 2.50 mg/l at pH 6, this metal was absorbed at 0.003 mg/l, scoring a 97% of efficiency having in mind that the pH is a factor of influence in this process.

Keywords: rubber, algarrobo, pH, absorption, arsenic

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo del siglo XXI, muchos lugares del mundo se han visto afectados debido a la gran problemática que perjudica el bienestar del ser humano, como es la contaminación de aguas para el consumo por metales pesados y metaloides tales como el arsénico (As), siendo el agua un recurso muy importante para la vida humana y todo lo que les rodea, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2016), manifiesta que:

El arsénico (As) genera varias consecuencias en la salud del hombre y en ecosistemas, siendo los procesos del suelo quienes aportan a la polución de las aguas subterráneas por dicho metaloide, exponiendo a la población al consumo de agua contaminado con arsénico en el subsuelo, cabe mencionar que 130 millones de ciudadanos al rededor del mundo consumen a diario aguas de pozo, que contienen altos niveles de concentración que sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP) de 0.01mg/l estipulado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), generando problemas cancerígenos que llevara hasta la muerte a la población mundial (p. 27-28).

Aragón, Escolero, Navarro y Ortiz (2015) afirma que en México se reconoció la presencia de polución de arsénico especialmente en el norte y centro del país que superan los 50µg/l que es el límite máximo permisible por parte de la norma ambiental mexicana, dichas concentraciones se deben a la presencia de actividades mineras, su propia geología, entre otros; para confirmar exactamente la concentración de dicho metaloide se realizaron muestras a 26 norias que abastecen de agua para el consumo humano, las cuales en 11 de ellos se pudo apreciar niveles muy altos de arsénico que ponen en riesgo a la población mexicana (p. 27-28).

Según manifiesta Marie [et al] (2014), en varios distritos de Perú tales como Caracoto, Chucuito, Ananea, Crucero, Achaya, Juliaca, La Oroya, Platería, Lima, San Antón, Puno y Taraco, y la cuenca del río Rímac los cuales están ubicados en las regiones mineras, se realizó un estudio de agua, donde mostró que lo relaves mineros contaminan sus aguas con elevadas concentraciones de arsénico, de cobre y plomo, además se encontró un elevado nivel de dichos metales y metaloide, en especial de arsénico en el agua potable de la Oroya, catalogada como uno de los lugares más contaminados, siendo esta una ciudad industrial que se dedicaba a la fundición para procesar plomo, cobre y zinc (p. 566)

En caso de la región de Lambayeque, desde ya hace mucho tiempo se venido manifestando este tipo de problema ambiental, que pone en riesgo a parte de la población lambayecana debido a la exposición ante el consumo de altas concentraciones de arsénico en aguas subterráneas, según como se muestra en el Decreto Supremo N° 047-2018-PCM (2018) donde se declaró en el Artículo 1.- Estado de Emergencia en diez localidades tales como Arbolsol, Tranca Fanupe, Carrizal, Fanupe Barrio Nuevo, Casa Blanca, Cruz del Médano, Lagunas, Quemazón, Santa Isabel, y Tranca Sasape del distrito de Mórrope, provincia de Lambayeque, dichas localidades superan los límites máximos permisibles de 0.01 mg/l de As, letales para el ser humano (p. 1-2).

La contaminación por arsénico (As) en aguas superficiales y subterráneas es un problema que se viene presentando desde hace décadas, siendo nuestro país uno de los más afectados debido a la gran cantidad de concentración de este metaloide, que se encuentra tanto de forma natural como antropogénica , es ahí donde se han realizado múltiples métodos a base de plantas como la Tara que contiene un buen porcentaje de galactomanano al igual que *Prosopis pallida* que sin duda alguna pueden ayudar a contrarrestar dicho problema y adsorber dicho componente químico.

Según Banchón, Baquerizo, Muñoz y Zambrano (2016) en el artículo de la revista Enfoque UTE que tiene como título “Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales”, menciona que: la coagulación a base de productos naturales como las gomas o mucílagos que contengan galactomanano, son polímeros amigables con el medio ambiente, donde el parámetro que más influye en los procesos de coagulación es el pH, siendo muy importante que ayuda a procesos de dicha magnitud (p. 114).

La Agencia Investigación y Desarrollo (2018,) en la revista CIENCIARIO en su artículo que tiene como título, “Mezquite para limpiar suelos contaminados con metales pesados”, manifiesta que: El Mezquite (*Prosopis glandulosa*) es una leguminosa, este se empleó en un estudio científico, donde se utiliza como adsorbente en suelos contaminados por compuestos tóxicos o metales pesados tales como , cadmio Cd, cobre Cu y arsénico As para luego formar parte de alimento para animales vacuno sin necesidad de afectar la salud, como resultado de dicha investigación se corroboró que, la *Prosopis glandulosa* tiene la capacidad de tolerar en mayor magnitud a dichos metales por lo que es recomendable emplearlo al proceso de fitorremediación (p. 01).

Cabe recalcar que siendo el algarrobo una leguminosa y pertenecer al mismo género que la *Prosopis glandulosa* que es un gran biorremediador de suelos, es posible que la *Prosopis pallida* puede recuperar agua contaminada con metales pesados, garantizando la eficiencia de su uso para dichos estudios, y sin duda mejorar la calidad de nuestros suelos y medios acuosos que día a día vienen siendo afectados por la contaminación natural y antropogénica.

Como se aprecia en la tesis de Caso y Laureano (2018), que tiene como título “La goma de Tara como agente floculante en la optimización de proceso de remoción del arsénico con  $\text{FeCl}_3$  presente en el agua de mina” este menciona que la goma de Tara contiene galactomanano, además que corroborar que la dosis exacta en Tara y  $\text{FeCl}_3$  es de 1.5 a 2 g/l que adsorbió 0.015 mg/l a 0.027 mg/l con un pH no mayor de 9 removiendo hasta el 90.7% de As en las 12 pruebas elaboradas (p. 78)

Según Anarro (2014), en su Guía de salud, menciona que la goma de Guar, es un polisacárido formado como todas las gomas con manosa y galactosa que además de ser utilizada como un componente en la industria alimentaria, es usado como un desintoxicante debido a que puede absorber y eliminar con facilidad metales pesados como plomo Pb y mercurio Mg, entre otras toxinas del cuerpo humano (p. 01).

Para la extracción de la goma, según Millán, López y Ramón (2016) en su artículo que tiene como título Obtención de goma de semillas de algarroba(*Prosopis alba*) y su utilización en formulaciones alimenticias, menciona dos métodos para la extracción, uno químico y el otro el método mecánico, este consiste en deshidratación del fruto, molienda y tamizado para obtener la semilla separando el exocarpio y mesocarpio, para luego moler y tamizar para tener el endospermo descartando el testa, tegumen y cotiledón, para así volver a secar, moler y tamizar, finalizando con obtener la goma. Generando una buena cantidad de esta (p. 29).

El arsénico As es un elemento natural distribuido en la corteza terrestre, según Monroy y Espinoza(2018) este metaloide se encuentra en forma orgánica e inorgánica (p.149), para ser y para pasar a su fase inorgánico tendrá la combinación entre oxígeno(O), cloro(Cl) y azufre(S) y para pasar a ser As orgánico es la combinación entre hidrógeno(H) y carbono(C), dicho metal está presente tanto en el aire, suelo y soluciones acuosas por ende se puede decir que también puede estar presente en los alimentos, aunque no se

puede distinguir a simple vista ya que no tiene sabor, color y sobre todo olor, por ende pasa desapercibido ante la vista humana.

Cabe recalcar que dicho metaloide se presenta en cinco estados de oxidación tales como: la arsina ( $\text{AsH}_3$ ) que es un componente atmosférico, el arsenito o arsénico trivalente (III), arseniato o arsénico pentavalente(V) estos dos son inorgánicos con más presencia en el agua, arsénico elemental (0) y arseniuro(-III), siendo el arsenito el más tóxico y está presente mayormente en ambientes anaeróbicos, lo cual representa un gran daño a la salud. Por otra parte, Montoya (2015) en la revista Tierra Latinoamericana aclara que: la existencia del arseniato y el arsenito sobreviven debido a factores biológicos, físicos y químicos, en el caso del arsenito As (III) los microorganismos son muy importantes, ya que las bacterias tienen la capacidad de transformar el arsenito As (III) en arseniato As(V) e inversamente, algunas de estas lo utilizan como un mecanismo de defensa (p. 104)

La contaminación por arsénico presente en el recurso agua se manifiesta en forma antropogénica y natural.

El origen de este metaloide es principalmente geogénico, este componente se encuentra en las rocas y minerales, fácil de trasladarse mediante la desintegración y lixiviados de dichos materiales sólidos y procesos fisicoquímicos naturales, liberándose a la atmósfera, siendo el agua subterránea y superficial el recurso más afectado. En el caso de la atmósfera(aire), este se llega a contaminar con arsénico mediante la erosión, emisiones volcánicas, e incendios forestales.

En cuanto a la contaminación de arsénico generada por el hombre o antropogénica, según Bibi, Farooqi, Hussain y Haider(2014) se da mediante el uso de grandes cantidades de este metaloide tanto para la minería como para diferentes industrias que se dedican a la fabricación de insecticidas, pesticidas, raticidas, plaguicidas (control y cuidado agrícola de las plantas), conservante (tejidos, pieles, madera, cadáveres) pinturas y tintes, la medicina, en engorde y cuidado de animales, residuos en la extracción de minerales, elaboración de armas químicas, fuegos artificiales y en el tratamiento de combustibles fósiles(p. 03).

En la actualidad se han presentado a nivel mundial y nacional muchos problemas con respecto a la polución de aguas subterráneas, por un metaloide en particular como el arsénico As, este metaloide es altamente tóxico siempre y cuando sobrepase los límites máximos permitidos de 0,01 mg/l (Ferrer, 2003, p. 148-150) fijado por la OMS, debido a

que este ha venido generando graves problemas tanto en la salud, como también en el medio ambiente, alterando sin duda alguna los ecosistemas.

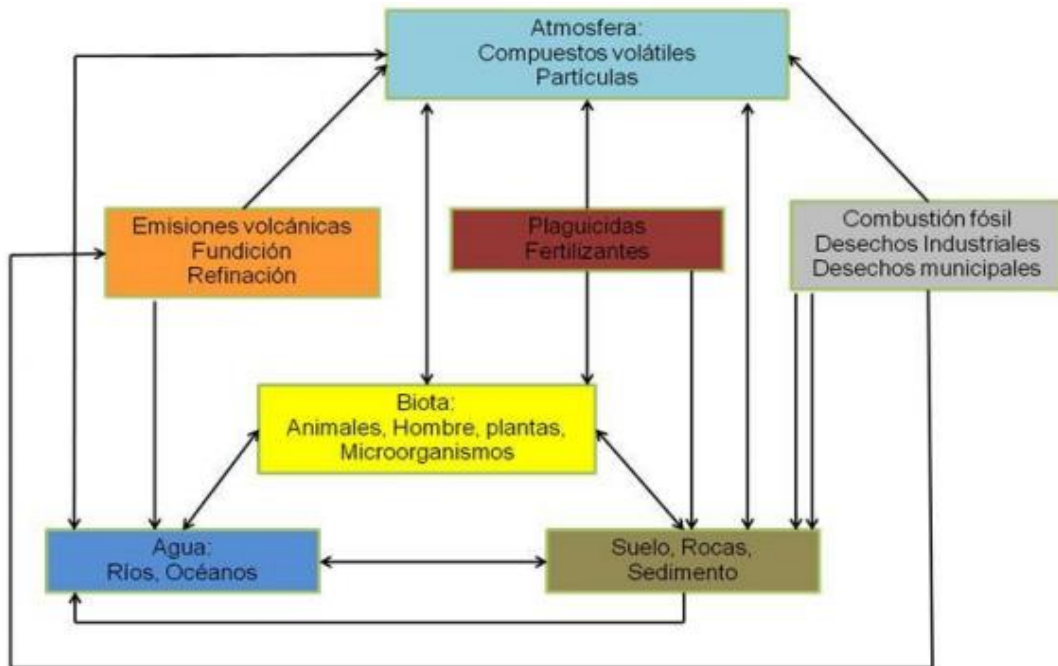


Figura 01. Ciclo del arsénico

Fuente: Alarcón (2013, p. 18)

En cuanto a los efectos en la salud, la presencia del arsénico As tanto orgánico e inorgánico en altas concentraciones, se ha asociado con un riesgo elevado de cáncer a la vejiga, riñón, hígado, pulmón, piel, próstata, enfermedades cardiovasculares, presión arterial alta, anemia en el embarazo, mortalidad por males respiratorias tanto en personas de mayor edad como en niños, abortos espontáneos, diabetes en adultos y problemas de desarrollo neurológico, hecho que pone en riesgo en gran magnitud a aquellas personas que por falta de conocimiento y necesidad consumen de cierta forma arsénico, esto se debe, según Laperche,(2003, p. 13-15) a la exposición mediante la ingestión, inhalación y absorción de la piel. Según la Resolución Ministerial N°389-2011/MINSA (2011) menciona que la intoxicación por arsénico puede ser de dos formas: toxicidad aguda que es la consecuencia de la absorción de alto contenido de As en un tiempo corto, generando ingestión que luego pasarán a ser enfermedades gastrointestinales, cardiovasculares, hepático, hematológico, neurológicos y renales y toxicidad crónica es el resultado de la absorción de pequeñas cantidades en un largo tiempo, generando lesiones dérmicas, lesiones de mucosa, trastornos del aparato digestivo, alteraciones cardiovasculares, trastornos al sistema nervioso y sobre todo efectos cancerígenos (p. 03)



Como claro ejemplo con respecto a los daños en la salud, Alarcón (2013):\_menciona que Bangladesh, es la zona donde se localiza mayor cantidad de agua subterránea contaminada, afectando entre 30 y 70 millones de habitantes con concentraciones de 50 hasta 2500 µg/L. Bangladesh es uno de los países más contaminados a nivel mundial, durante mucho tiempo millones de personas han consumido agua con arsénico. Cerca de 3000 ciudadanos de Bangladesh mueren de cáncer al año, y hoy en día alrededor de 2 millones de ciudadanos están con diferentes problemas de salud debidos al consumo de agua contaminada con arsénico (p. 12). Sk y Manzurul (2014, p. 59) recalcan que cuyos efectos se manifiestan con lesiones dermatológicas y trastornos neurológicos; provocando enfermedades cardiovasculares y pulmonares, además de cáncer. Por ello la situación en este país fue considerada por Allan H. Smith como “el envenenamiento masivo poblacional más grande de la historia” (Alarcón, 2013, p. 12)

Se puede decir que debido al nivel de contaminación por arsénico en aguas subterráneas muchos países a nivel mundial como Perú, India, China, Bangladesh, Estados Unidos, Mongolia, México, Chile, Argentina y Taiwán, está afectando y deteriorando aún más la vida de los ciudadanos y a la vez el medio ambiente quien es el que alberga a muchas especies que se encuentran y necesitan tanto en el suelo, el agua y atmósfera en buena calidad.

En cuanto a los efectos en el ambiente, la polución en el agua por arsénico es un peligro para la humanidad, ya que dicho metaloide se adhiere con facilidad en la cadena alimenticia, a esto se le agrega que la mayor concentración de dicho metaloide está en los suelos agrícolas ya que, son constantemente fumigadas con pesticidas.

En el caso de la atmósfera la cantidad de arsénico es igual que en el suelo, sin embargo, se puede obtener mayor concentración de dicho metaloide siempre y cuando sea alrededor de áreas industriales que emitan durante su proceso As. Dicho metaloide terminará formando parte del agua subterránea y superficial mediante las precipitaciones pluviales, formando nuevamente parte de la cadena alimenticia y a la vez del ciclo del As en el ambiente.

En cuanto a las Técnicas o métodos para eliminar el As, se utilizará el método de adsorción, este es un proceso que se emplea para descartar todo contaminante tóxico presente en fuentes líquidas, como es el caso del As en aguas subterráneas del distrito de Mórrope, debido a que este distrito presenta según los repostes del 2016 al laboratorio SGS DEL PERU S.A.C DIVISIÓN DE LABORATORIOS mencionado por el regidor

ambiental de dicho distrito donde manifestaron que el agua subterránea de la localidad de Cruz del Médano posee niveles de dicho metaloide que sobrepasa los LMP dañino para la salud y a la vez el COEN-INDECI (2019), emitió un informe declarando en emergencia al distrito de Mórrope por la contaminación de As y Pb (p. 1-44).

Cabe mencionar que hay dos Tipos de adsorción que son muy empleados en este tipo de investigaciones.

La adsorción física es también conocida como fuerza de Van der Walls, donde el sorbato que en este caso que es el metaloide As se une al adsorbente que es la goma de *Prosopis pallida*, según Huamani (2017), este es un fenómeno con un grado de especificidad relativamente bajo, ya que el sorbato no está estable en un lugar específico del adsorbente, a la vez tiene la capacidad de formar varios estratos sobre la superficie del adsorbente. El sorbato una vez adsorbido mediante este proceso mantiene su estado original, es decir no le genera ningún cambio físico ni químico, y a la vez viene acompañado con desprendimiento de calor (p. 23).

Según Huamani (2017 p. 23-24) y García (2012, p.119) la adsorción química, es la consecuencia de la interacción química entre el adsorbente y sorbato, se lleva a cabo cuando el sorbato se une a la superficie del adsorbente mediante fuerzas covalentes.

En cuanto a Rosales y Romero (2015) mencionan que la adsorción en fase líquida-sólido se debe a las interacciones entre el metaloide que en este caso de va a trabajar y el adsorbente; la capacidad de adsorción dependerá de todos aquellos factores que influyen en estas interacciones, relacionados a las características del adsorbente y la solución. Los principales factores son: pH, tiempo de contacto, presencia de otros metales, temperatura y características fisicoquímicas del adsorbente (p. 51-52).

Hoy en día hay una gran gama de adsorbentes que requieren de diferentes procesos que sin duda alguna sirven de mucho para tratar o remediar aguas de consumo humano y aguas residuales, que causan grandes problemas tanto ambientales como a la salud humana. Paredes (2012) manifiesta que: hay tres tipos de adsorbentes entre ellos tenemos, adsorbentes naturales, adsorbentes minerales tales como: alúmina y otros óxidos minerales activados y adsorbentes orgánicos es decir resinas macromoleculares (p. 31).

Como adsorbente natural en este caso se trabajó con la goma de *Prosopis pallida* algarrobo, una leguminosa originaria de la costa norte del Perú, Colombia, Ecuador,

además se encuentra en otros países de Sudamérica, este majestuoso árbol tomó un rol muy importante en los tiempos prehispánicos, en la actualidad es de suma importancia ya que mediante estudios se ha comprobado que tiene la capacidad para absorber grandes toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), según Dostert (2012, p. 8-9) es utilizado como combustible fósil, alimento para ganado caprino y miel de algarrobina, así mismo Sánchez [et al] (2013, p. 7-8) menciona que para la producción de algarrobo ya maduros, empieza con la floración entre los meses de octubre a diciembre y culmina en el mes de febrero, cabe mencionar que ante la opinión de los productores de algarrobo de la región Lambayeque manifiestan que la producción es entre los tres y cuatro primeros meses de cada año.

La *Prosopis pallida* tienen la capacidad de soportar suelo salinos, además no requiere de grandes cantidades de agua ya que con sus grandes raíces penetra el subsuelo en busca de ella, el algarrobo llega a medir de 10 a 20 metros de altura, como claro ejemplo en Lambayeque, el Santuario histórico del Bosque de Pómac hoy área protegida por el estado peruano tiene el agrado de poseerlo. Este pertenece al reino: Plantae, a la familia: Fabaceae o leguminosa, género: *Prosopis*, especie: *Prosopis pallida*, es muy conocida con el nombre de "Algarrobo" (Costa Norte y Central del Perú), "Algarrobo americano" (Puerto Rico), "Huarango", "Kiawe" (Hawái), así mismo es un alimento beneficioso para la salud ya que contiene: carbohidratos, caloría (es decir es un alimento energético), proteínas (recomendado en edad de crecimiento), grasas de gran calidad, fibra que ayuda a eliminar sustancias nocivas como colesterol, además contribuye fibras solubles e insolubles (pectina y lignina), carotenoides que protegen al organismo frente a la aparición de cáncer, taninos: fuente de polifenoles que poseen propiedades antiinflamatorias entre otras, almidón, celulosa, minerales, vitaminas y como punto final y el que sin duda alguna el que más nos interesa es el mucílago o galactomanano que poseer cualquiera de las semillas de las leguminosas como es el algarrobo.

Colqui y Domínguez (2018, p. 03) y Loconi (2014) manifiestan que en cuanto a la goma de la semilla de *Prosopis pallida* tiene muchas aplicaciones, según Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la propiedad Intelectual (2019 p. 11-14) y Alcántara y Fernández (2016) sostienen que la goma de la *Prosopis pallida* se obtiene de la capa externa de la semilla esta es utilizada en la industria alimentaria como aglomerante, estabilizante, gelificante, además de ser empleada en la industria de cosméticos, en la industria farmacéutica y en otros. Dicha goma tiene la capacidad de

retener agua, además la goma de algarrobo es conocido industrialmente como E410 código europeo que lo identifica en la actividad industrial (p. 23).

**Tabla 01.** Composición química de goma de *Prosopis pallida* (algarrobo).

(%)	COMPONENTE
<b>33,96</b>	Galactosa
<b>46,28</b>	Manosa
<b>19,75</b>	Fructuosa, Arabinosa, Xilosa, Glucosa, otros.
<b>1:1,36</b>	Relación Galactosa/Manosa

Fuente: Alcántara

La goma de *Prosopis pallida* es un polisacárido, posee galactomanano que está compuesta por una cadena por una unidad de galactosa y cuatro unidades manosa, tiene una característica viscosa y su solución parece a un pseudo plástico

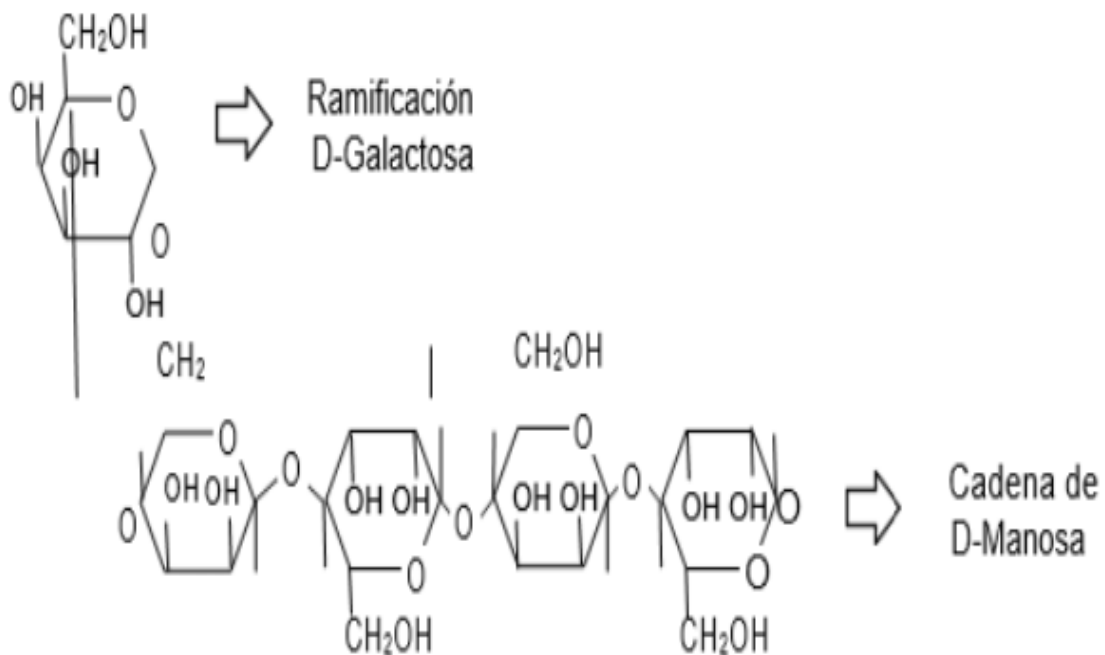


Figura 02. Goma de *Prosopis pallida* estructura molecular.

Fuente: Alcántara (2016).

En la Revista de Química de Siccha y Lock (1992, p.171-178) nos habla los Hidrocolohides o gomas: estos toman un rol muy importante en la industria alimenticia como emulsionante o espesante y estabilizante, además tienen la capacidad de coagular; las semillas de las leguminosas son galactomananos industriales solubles en el agua. Hecho por la cual se puede especificar, que la goma de algarrobo como la goma de tara entre otras gomas vegetales ya se han venido estudiando día tras día para su actual aprovechamiento en procesos industriales y garantizar la eficacia del producto.

Colqui y Domínguez (2018) señala que la *Prosopis pallida* al ser rico en mucílagos como los galactomananos (90%), siendo este una fibra soluble que retarda la captación de glucosa, tiene efecto saciante del apetito ya que debido a su gran capacidad de absorber agua aumentando la masa de los alimentos, ayudando a regularizar el colesterol, tiene propiedades de anti estreñimiento, además y muy importante favorece a la expulsión de los desechos tóxicos que provocan la presencia del cáncer (p. 12-19).

Tal es el ejemplo de la goma de Guar que también es un polisacárido que al igual que el *Prosopis pallida* (algarrobo), en su composición química posee galactomanano que hace la posibilidad de absorber y eliminar los metales pesados altamente cancerígenos del organismo.

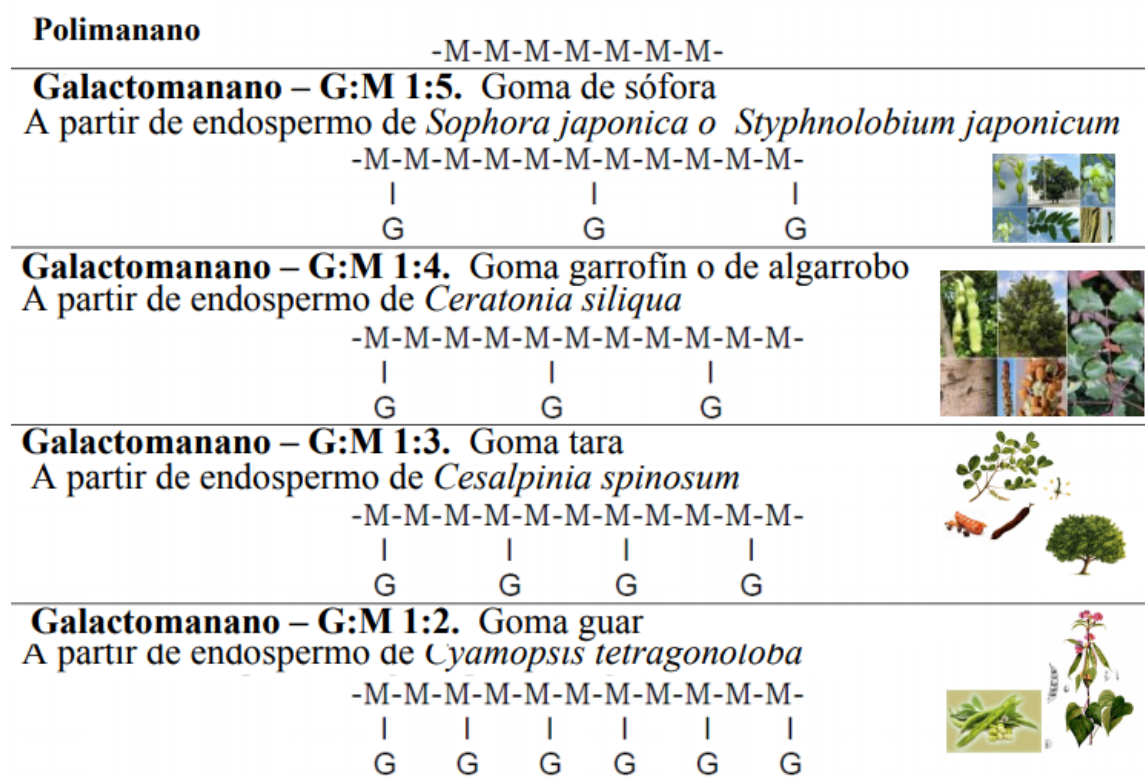


Figura 03. Variedad de leguminosas que poseen galactomanano.

Fuente: Panizzolo y Ferreira (2019)

Los galactomananos poseen una cadena de galactosa y cuatro unidades de manosa, las cuales tienen la capacidad de adsorber agua a estos se les conoce como gomas o mucílagos, según Oliva y Alfaro (2010, p.109) manifiestan que la semilla tiene tres componentes entre ellos tenemos el endospermo, la testa y el cotiledón de las cuales sólo se puede extraer el galactomanano del endospermo.

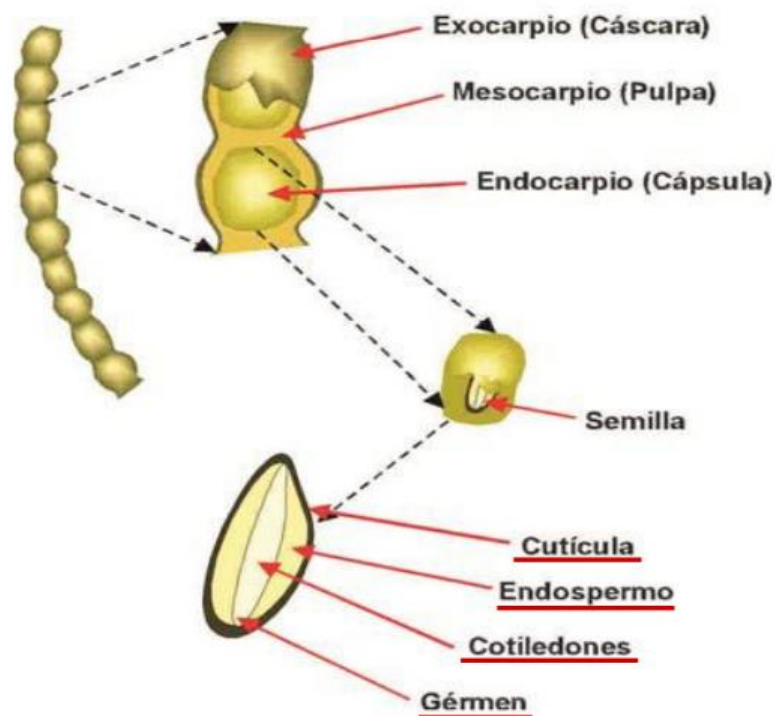


Figura 04. Estructura de las leguminosas en semilla.

Fuente: Panizzolo y Ferreira (2019)

Según Alcántara y Fernández (2016, p. 26-27), para poder extraer el galactomanano se separará los componentes que conforman la semilla de *Prosopis pallida*, para dicha obtención tenemos tres técnicas: Método ácido: para este proceso se mezcla el ácido sulfúrico, se agita por 20 minutos luego se lava para retirar el ( $H_2SO_4$ ) para después secar y obtener el endospermo en raciones más pequeñas, método alcalino: en este caso se tendrá que separar manualmente el endospermo y la testa para así obtener el galactomanano, cabe recalcar que se utiliza hidróxido de sodio como componente adicional para dicho procedimiento y método mecánico que no requiere el uso de compuestos químicos.

La Prueba o test de Jarras es un proceso físico químico, este se lleva a cabo con el propósito de determinar cantidad o dosis óptima de adsorbente que en este caso en la goma de *Prosopis pallida*, el pH óptimo, el tiempo de retención y velocidad de agitación, para que se logre una buena mezcla en el proceso de adsorción y así el adsorbente tenga un buen contacto con el sorbato.

Para la determinación de arsénico en el agua se puede lograr con varios métodos, el primero según Castro, Litter, Wong y Mori (2009), en el capítulo 3 de su libro que tiene como título “Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en

aguas y suelos”, consiste en el Método de espectrofotométrico UV-Vis del Dietilditiocarbamato de plata, este determina la concentración de todos los metales y metaloides incluyendo el arsénico, empleando también el método Gutzeit, este es un método antiguo basados en métodos colorimétricos. Durante la elaboración de este método lo primero que se debe realizar es reducir el As inorgánico en  $\text{AsH}_3$  en modo ácido por la sustracción de zinc en polvo, y en solución dietilditiocarbamato de plata obteniendo como resultado una detección limitada de  $1,3 \mu\text{mol/l}^{-1}$  o  $0,005\text{mg/l}$  de arsénico. La arsina generada por el dietilditiocarbamato de plata quien está disuelta en piridina o cloroformo y efedrina, formando así un color rojo vino donde se puede determinar la concentración según la intensidad del color ya mencionado, para luego pasar a ser leída la muestra en el espectrofotómetro a quinientos veinte nm (p. 53-62)

La segunda, según Clesceri, Greenberg y Eaton (1998) en el libro que tiene como título Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater mencionan el Método de Espectrometría de adsorción atómica a temperatura ambiente y valores de pH de la solución de 1 o menos, ácido arsénico, la oxidación de As (V), se reduce relativamente lento por borohidruro de sodio a As (III), que es entonces convertido instantáneamente a arsina y pasar a ser medido en el espectrómetro (p. 390).

Y la tercera, según MQuant (2019, p.01) uno de los métodos para determinar la especiación de As es el test de arsénico se puede decir que es un laboratorio móvil, ya que se puede trasladar en cualquier momento y a cualquier lugar debido a su tamaño, exactamente este es un método de detección que brinda resultados inmediatos “in situ”, estos resultados se pueden medir visualmente gracias a una escala de colores que nos indican la posible dosis del metal a estudiar, este test posee una tira compuesta por una lámina de poliéster biodegradable, este método está basado en el método colorimétrico pero a menor escala.

Según Tejada, Villabona y Garcés (2015), mencionan que el pH en el agua es uno de los parámetros más importante y a la vez de mayor influencia en procesos de coagulación y adsorción, este puede causar variaciones en los procesos de adsorción de metales en distintos adsorbentes, al igual que causar variaciones en la carga de la superficie del adsorbente, así como variar la especiación en la cual se encuentra el arsénico. Así mismo el aumento descomunal de la temperatura puede producir un cambio en la estructura del sorbente y un desperfecto del material que desembocan en una pérdida de capacidad de sorción (p. 110).

Para identificar la influencia del pH en la adsorción de arsénico y detectar la cantidad de dicho metaloide presente en aguas subterráneas, se deberá tener en cuenta dos procesos que sin duda alguna va a servir de mucho.

De acuerdo a todo lo mencionado anteriormente, se plantea el siguiente problema ¿Cómo influye del pH en la adsorción de arsénico con goma de *Prosopis pallida* en aguas subterráneas del distrito de Mórrope?

El motivo de este trabajo de investigación se basa principalmente en la búsqueda de solucionar el gran problema de las aguas subterráneas contaminadas con arsénico, como es el caso de la localidad de Cruz del Médano que pertenece al distrito de Mórrope, dicha zona ha presentado concentraciones de As muy altas que superan los LMP, debido a la morfología del suelo (natural) y a la vez por el uso de agroquímicos que poseen este metaloide que son vertidos a los cultivos, generando un gran problemas ambiental y a la vez afectando a la población que consume a diario este líquido contaminado, generando un alto riesgo en la salud provocándoles con el pasar del tiempo hasta la muerte debido a la toxicidad del arsénico.

Es por ello que para lograr solucionar de alguna manera este problema se ha visto conveniente investigar y trabajar con la goma de *Prosopis pallida* (algarrobo) quien servirá como adsorbente del As, sienta el algarrobo una especie natural de la zona de Lambaqueye, fácil de adquirir y poco estudiada en esta rama ambiental y de esa forma aporta con el medio ambiente y la sociedad.

Para la elaboración de dicha investigación se plantea el siguiente objetivo.

- Determinar la influencia del pH en la adsorción de arsénico con goma de *Prosopis pallida* en aguas subterráneas del distrito de Mórrope.

De la misma forma se plantean los siguientes objetivos específicos.

- Identificar la concentración de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope.
- Dosificar la goma de *Prosopis pallida* a diferentes pH para la adsorción de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope
- Cuantificar la concentración final de arsénico después del tratamiento con las diferentes dosis a distintos pH.



## Hipótesis

H<sub>1</sub>: algunos de los valores del pH influyen en la adsorción del arsénico con la goma de *Prosopis pallida*.

H<sub>0</sub>: ninguno de los valores del pH influye en la adsorción del arsénico con la goma de *Prosopis pallida*.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de investigación:** Experimental.
- **Diseño:** Cuasi experimental.

### 2.2. Operacionalización de variables

Por su relación de Dependencia

- **VD:** Adsorción de arsénico.
- **VI:** pH

### 2.3. Población, muestra y muestreo

#### 2.3.1. Población.

El agua subterránea contaminada por arsénico en localidad de Cruz de Médano del distrito de Mórrope.

#### 2.3.2. Muestra.

30 L de agua que será extraída de un pozo para realizar los análisis empleando jarras con 700 ml e identificar la influencia del pH en la adsorción de As con la goma de *Prosopis pallida*.

#### 2.3.3. Muestreo.

El muestro de tipo no probabilístico, y se trabajará por conveniencia.

### 2.4. Técnicas e instrumentos de correlación de datos, validez y confiabilidad

#### 2.4.1. Técnica de muestreo.

En cuanto a la muestra de la investigación, se debe identificar uno de los pozos ubicados en la localidad de Cruz del Médano y tener en cuenta todos los materiales con lo que se tomara la muestra de agua, tales como: balde, soga, galones de 30 L donde se recolectara la muestra y la cámara fotográfica para así capturar el momento de la extracción. Luego realizar los respectivos análisis antes del tratamiento con goma de algarrobo y determinar la concentración de As.

## Ubicación de la zona de estudio.



Figura 05. Mapa de la zona de estudio.

Fuente: Google Maps

El lugar de estudio está ubicado en Cruz del Médano localidad que pertenece al distrito de Mórrope, según INGEMMENT (2018, p.10) las coordenadas UTM son:

Cruz del Médano parque principal pozo a tajo abierto (E: 615036; N: 9279951) a 23 m.s.n.m.

### 2.4.2. Técnicas de análisis fisicoquímico del agua subterránea de Cruz del Médano.

#### - Método Electrométrico

DIGESA (2016, p. 08) y Usher, Zoboli, Chiruchi y Serrentino (1996, p.14-16). Esta técnica se emplea para determinar el potencial de hidrógeno en agua, es aquí donde se determina si la solución es ácida, básica o neutra, que se mide en un rango de 0 a 14 y el instrumento a usar es el pH-metro o un multiparámetro.

#### - Método de la prueba de Jarras

SEDAPAL (2000, p. 37) da a conocer que este método es muy usado a nivel laboratorio para determinar la dosis correcta, pH, tiempo de agitación, sedimentación, etc., de algún coagulante, floculante, este posee paletas de agitación para hacer la mezcla en las pruebas más homogénea, tiene entre 6 a 8 envases con una capacidad de 1 a 2 litros de muestra.

#### - Método colorimétrico (Test de As)

Este método es muy usado en los últimos años, sin embargo, para la cuantificación de los resultados, según MQuant (2019, p.01) menciona que este cuenta con tiras de colores con distintas numeraciones, para así determinan la concentración del contaminante, este método se puede desarrollar in-situ, pues es portátil.

### **2.4.3. Materiales e instrumentos y equipos de correlación de datos:**

#### **2.4.3.1. *Material de campo.***

- Guantes
- Guardapolvo
- Mascarillas
- Tapa bocas
- Cámara fotográfica
- Sogas
- Balde
- Galones para recolectar la muestra de trabajo

#### **2.4.3.2. *Materiales de laboratorio.***

Es de suma importancia mencionar aquellos materiales que se debe tener en cuenta para así llevar a cabo con el proceso de dicho método:

- Balanza analítica
- Pipetas graduadas de diez ml.
- pH-metro
- Prueba de Jarras (marca PHIPP & BIRD)
- Estufa
- Pipeta
- Embudo
- Matraz de Aforo
- Mortero
- Papel filtro
- Piseta
- Vaso de precipitación 100 ml
- Cernidor de 250 micras
- Espátula
- Filtrador

#### **2.4.3.3. *Reactivos a utilizar.***

- Ácido nítrico HNO<sub>3</sub>
- NaOH Hidróxido de sódico
- HCl Ácido clorhídrico

#### **2.4.3.4. Validez y confiabilidad.**

Con esto damos por validados los resultados y el método se va a realizar, ya que según el experto encargado de laboratorio nos da la certeza de que cada instrumento cuenta con la calibración exacta para así tener resultados correctos.

Y en el caso de la confiabilidad se ha logrado realizar la investigación mediante el análisis de la información recolectada, lo cual nos ha permitido generar nuevas ideas basándose a la realidad.

### **2.5. Procedimiento**

#### **2.5.1. Pasos para la obtención de la goma de *Prosopis pallida*.**

Cabe mencionar que para la obtención de la goma de algarrobo se ha tenido en cuenta los procesos de Millán (2016, p. 29) donde lo primero que se ha tenido en cuenta es la separación la semilla de la vaina con ayuda de una tijera, esta contiene galactomanano, es por ellos que se procedió a humedecer 10 k de este y así obtener 422,95 g la semilla.

Luego se procedió a lavar para eliminar impurezas y llevar a la estufa a 145°C por 30 minutos, después se procedido a triturar en un molino casero, una vez triturado se pasa a cernir con ayuda de un tamizador de 250 micas, y así separar la mayor cantidad de cotiledón que son las partículas más finas del testa o cutícula y el endospermo ya que es este el que posee la goma en una delgada estructura de la semilla adherida a la cutícula.

Cabe mencionar que debido a la delgada estructura del endospermo que esta adherido a la testa no se logró obtener la goma pura, es conveniente aclarar que antes de proceder a realizar el tratamiento al agua contaminada con As, se ha colocado las distintas dosis en vasos de precipitación de 100 ml con 20ml de agua destilada expuesta a 100 °C, para luego dejar enfriar y así ver con mayor claridad la formación de la goma.

#### **2.5.2. Prueba de jarras.**

Antes de realizar el tratamiento se procedido a añadir HNO<sub>3</sub> y NaOH para así modificar el pH (3, 4, 5.5, 6, 7) con el pH-metro, es ahí donde se procedió a realizar 5 repeticiones en la prueba de jarras donde cada uno posee 700 ml con las 6 dosis distintas(0.50, 0.75, 1, 1.50, 2, 2.50), donde se agregará la goma en la prueba de jarras a 200 rpm a 5 min y 100 rpm por 20 min secuenciales, una vez

culminado con el tiempo respectivo, se dejará en reposo por 15 a 20 min más, y así pasar a filtrar, que será el final del tratamiento.

### **2.5.3. Test de arsénico.**

Antes de haber realizado cada uno del procedimiento anteriormente mencionados se tendrá que determinar la concentración inicial de As que fue 0.10 mg/l, para luego del tratamiento obtener la concentración final. Según MQuant (2019, p. 01) y Tófalo (1942), para realizar este test lo primero que se debe hacer es prepara una muestra de 60ml del agua contaminada en el recipiente que incluye el test, luego agregar dos gotas del reactivo As-1(Zn, HCl y SnCl<sub>2</sub>) para luego mover en forma circular, añadir una cuchara del reactivo As-2 (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>) agitar hasta disolver, después colocar el reactivo As-3(Zn en polvo), y cerrar inmediatamente, por último colocar la tira que contiene bromuro de mercurio por 20 min agitando con cuidado y evitar que tenga algún contacto directo con la mezcla, retirar la tira agregarla agua destilada y leer los resultados de la concentración presente en el agua del distrito de Mórrope antes y después del tratamiento.

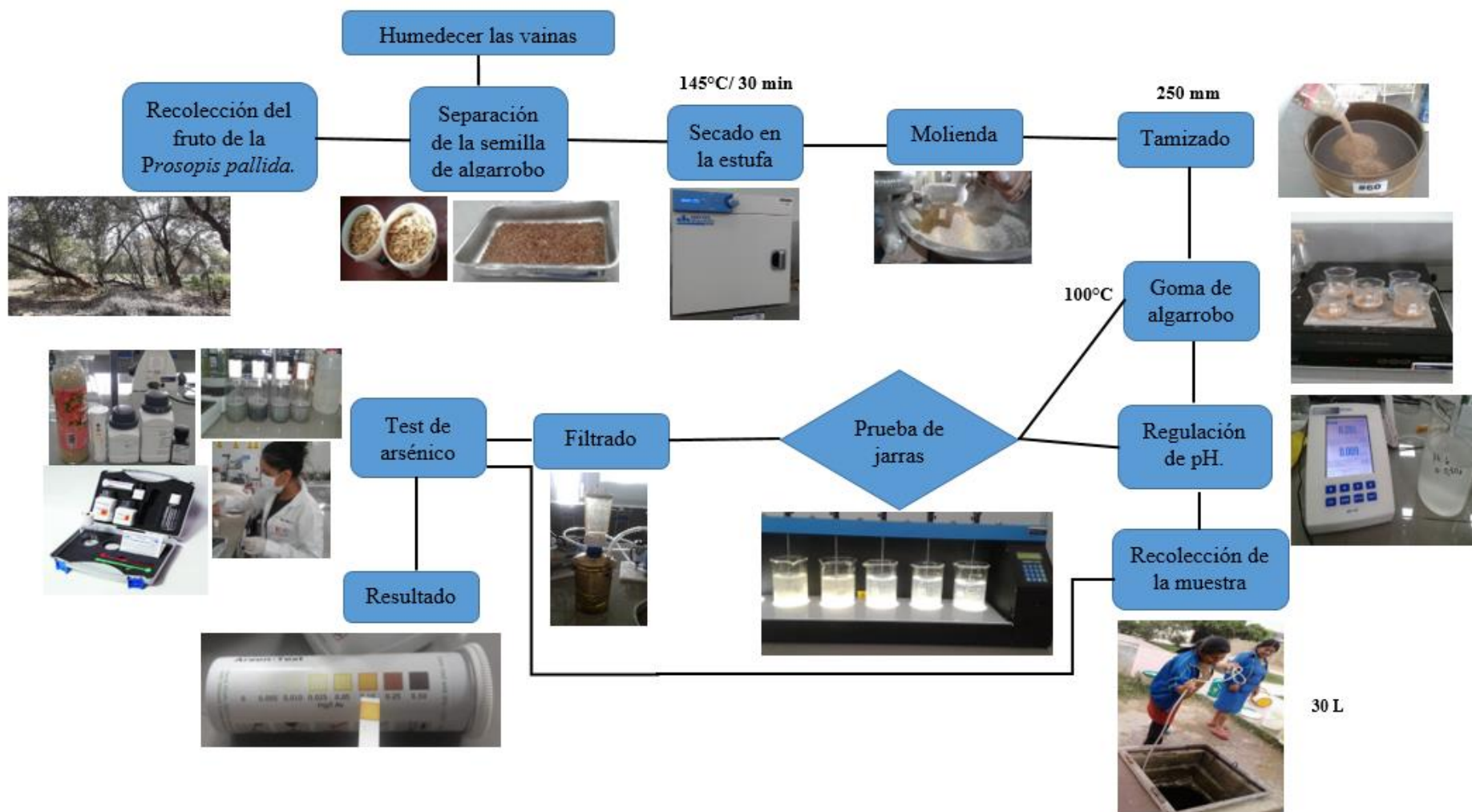


Figura 06. Diagrama de flujo procedimiento.

Cabe mencionar que todos estos análisis y procesos han sido realizados en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo.

#### **2.6. Método de análisis de datos**

Para realizar y obtener los datos cuantitativos y así llegar a los resultados, es de gran importancia utilizar software el Excel que sin duda alguna es confiable para la elaboración de dichos datos estadísticos.

#### **2.7. Aspectos éticos**

Para la elaboración de dicha investigación se ha tenido en cuenta todos y cada uno de los antecedentes, siendo estas fuentes confiables y los respectivos análisis elaborados en el laboratorio de la Universidad César Vallejo sin necesidad de alterar ningún resultado, validados por la especialista encargada, mostrando así datos verídicos que son de mucha importancia.



### III. RESULTADOS

Es conveniente mencionar que para obtener la goma de *Prosopis pallida*, se logró extraer de 10 kg de vainas de algarrobo de 422.93 g de semilla, los cuales después del tratamiento se obtuvo 295.012 g y de los que se utilizó 41.250 g en distintos pH para todo el tratamiento. Cabe mencionar que es importante tener en cuenta el estado fisicoquímico en el que se encuentra el agua subterránea contaminada con As, ubicada en el parque principal de la localidad de Cruz del Médano.

**Tabla 02.** *Parámetros iniciales del agua de pozo (Prueba control).*

<b>Parámetros (Pi)</b>	
pH	8.486
Conductividad	616.1 $\mu$ S/cm
Temperatura	27°C
Concentración As	0.10 mg/l

Después de la muestra recolectada se pasó a tomar los siguientes parámetros y así tener en cuenta el estado actual del agua con As a tratar, en cuanto a la conductividad se puede notar poca presencia de iones, se encuentra en un pH ligeramente básico, asimismo se obtuvo una concentración de As de 0.10 mg/l lo cual representa un alto contenido tóxico para la salud.

**Tabla 03.** *Concentración final de As en pH 7 con distintas dosis.*

<b>Concentración de As en 700 ml de agua subterránea</b>	<b>Dosis g</b>	<b>As mg/l</b>
0.10 mg/l	0.50	0.010
	0.75	0.007
	1	0.020
	1.50	0.010
	2	0.008
	2.50	0.010

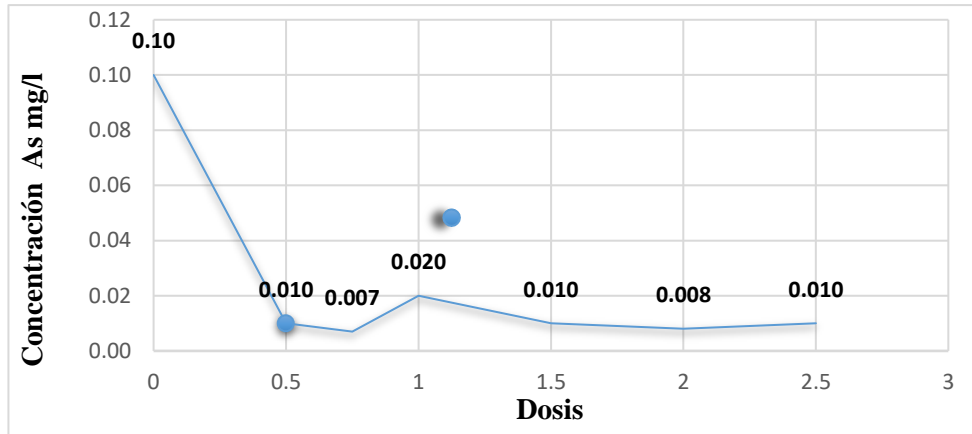


Figura 07. Concentración de As a pH 7.

Respecto a las diferentes dosis a pH 7, se ha demostrado que este parámetro influye de tal manera que se debe tener en cuenta en todas y cada una de los tratamientos a realizar, donde se muestra que, a 0.75 g de goma de *Prosopis pallida* removi6 hasta 0.007 mg/l, de As.

Tabla 04. Concentraci6n final de As en pH 6 con distintas dosis.

Concentraci6n de As en 700 ml de agua subterr6nea	Dosis g	As mg/l
0.10 mg/l	0.50	0.010
	0.75	0.010
	1	0.007
	1.50	0.009
	2	0.008
	2.50	0.003

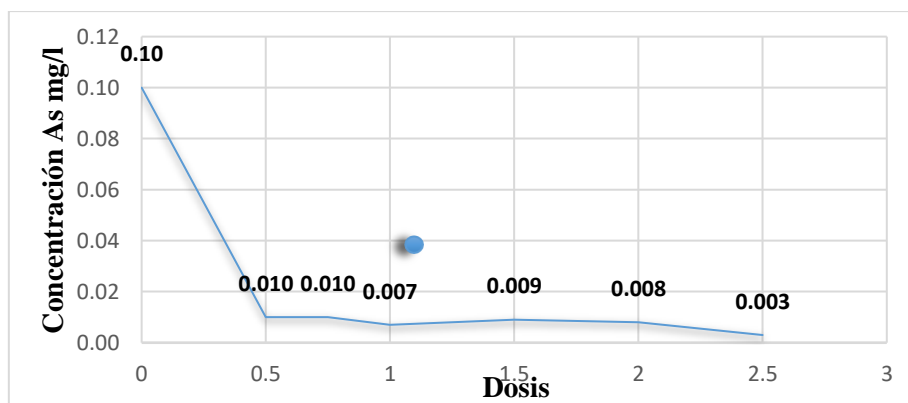
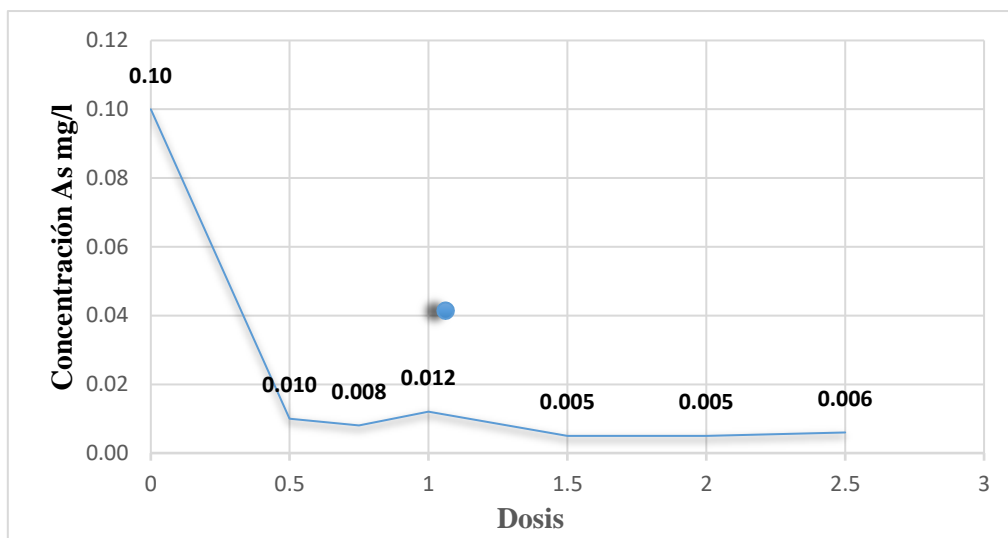


Figura 08. Concentraci6n de As a pH 6.

As6 mismo los an6lisis realizados con pH 6 a distintas dosis, se ha obtenido como resultado que con 2.50 g de biomasa que en este caso es la goma se *Prosopis pallida* se tiene como concentraci6n final 0.003 mg/l que est6 muy por debajo del l6mite permitido a comparaci6n de las 5 dosis que est6n dentro o por debajo del LMP.

**Tabla 05.** Concentración final de As en pH 5.5 con distintas dosis.

Concentración de As en 700 ml de agua subterránea	Dosis g	As mg/l
0.10 mg/l	0.50	0.010
	0.75	0.008
	1	0.012
	1.50	0.005
	2	0.005
	2.50	0.006



*Figura 09.* Concentración de As a pH 5.5.

En cuanto al pH 5.5, se puede apreciar que si hubo mayor adsorción de As con 1.50 g y 2 g la adsorción fue 0.005mg/l y en 2.50 g a 0.006 mg/l a comparación de las demás dosis que a pesar de haber reducido la concentración de As pasan y a la vez no pasan el LMP.

**Tabla 06.** Concentración final de As en pH 4 con distintas dosis.

Concentración de As en 700 ml de agua subterránea	Dosis g	As mg/l
0.10 mg/l	0.50	0.020
	0.75	0.010
	1	0.010
	1.50	0.010
	2	0.010
	2.50	0.007

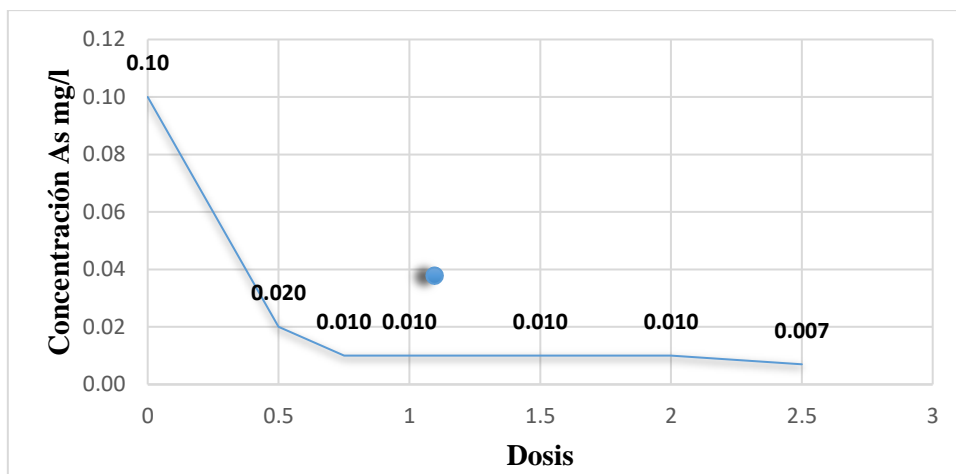


Figura 10. Concentración de As a pH 4.

En lo que respecta a la tabla 6 los resultados de adsorción con pH 4 a 0.50g de goma fue 0.020 mg/l, con 0.75g, 1 g, 1.50 g y 2g la adsorción fue lineal a 0.010mg/l, y en cuanto a 2.50g llegó hasta 0.007mg/l, siendo este el que mayor As adsorbió.

Tabla 07. Concentración final de As en pH 3 con distintas dosis.

Concentración de As en 700 ml de agua subterránea	Dosis g	As mg/l
0.10 mg/l	0.50	0.008
	0.75	0.010
	1	0.012
	1.50	0.010
	2	0.010
	2.50	0.007

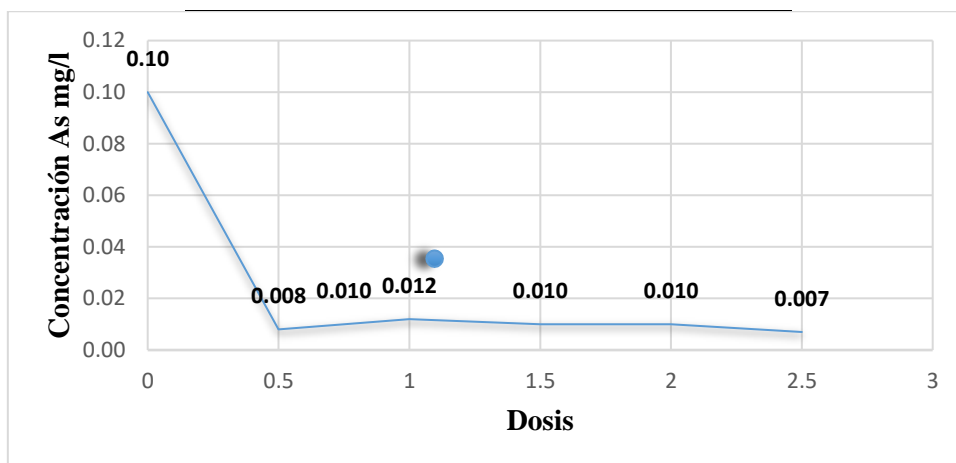


Figura 11. Concentración de As a pH 3.

Tanto en la tabla como en la figura se puede apreciar la adsorción que se ha llegado según la dosis administrada y el pH 3, 1g removió 0.012 mg/l que pasa el LMP, en cuanto a 0.75 g, 1.50 g, 2g la adsorción fue 0.010 mg/l, 0.50g adsorbió 0.008 mg/l y 2 g a 0.007 obteniendo el mejor resultado.

**Tabla 08.** Resultado final de la concentración de As después del tratamiento.

Concentración de As en 700 ml de agua subterránea	Dosis g	pH 7	pH 6	pH 5.5	pH 4	pH 3
0.10 mg/l	0.50	0.010	0.010	0.010	0.020	0.008
	0.75	0.007	0.010	0.008	0.010	0.010
	1	0.020	0.007	0.012	0.010	0.012
	1.50	0.010	0.009	0.005	0.010	0.010
	2	0.008	0.008	0.005	0.010	0.010
	2.50	0.010	0.003	0.006	0.007	0.007

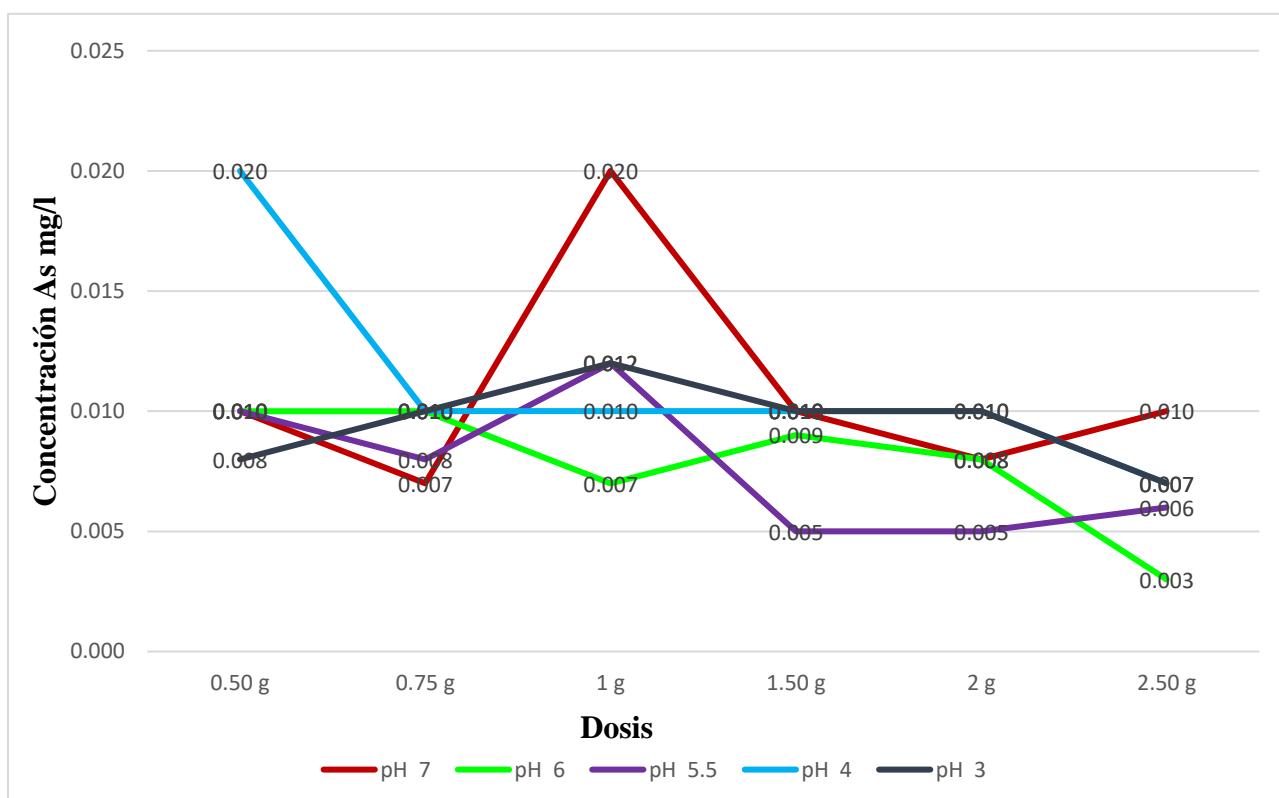


Figura 12. Concentración final de As a distintas dosis y pH.

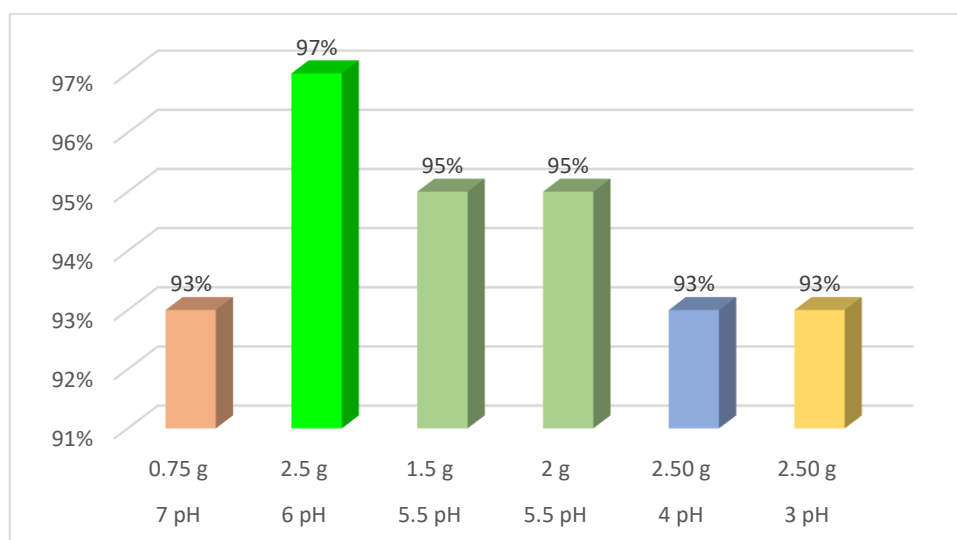
Como se puede apreciar en la figura, el resultado de la concentración final después del tratamiento obtenido mediante las distintas dosis de biomasa, que en este caso es la goma se *Prosopis pallida* a distintos pH. Cabe mencionar que a pH 7 con dosis de 0.75 g adsorbió 0.007 mg/l de As, con respecto al pH 6 con dosis de 2.50 g se tiene como concentración final 0.003 mg/l, en cuanto al pH 5.5 la adsorción de As con 1.50 g y 2 g fue 0.005 mg/l, a pH 4 la remoción obtenida a 2.50g la adsorción llegó hasta 0.007mg/l. y por último en pH 3, la remoción y 2,50 g a 0.007 mg/l, lo cual se puede evidenciar que a mayor dosis suministrada en el tratamiento y a distintos pH la adsorción de arsénico es aún más eficiente, manteniéndose y estar bajo el LMP.

**Tabla 09.** Porcentaje de adsorción de As con goma de algarrobo.

Adsorbente	Dosis g	pH	concentración I As mg/l	concentración F As mg/l	% Adsorción
<b>Goma de <i>Prosopis Pallida</i></b>	0.50	7	0.10	0.010	90%
	0.75	7	0.10	0.007	93%
	1	7	0.10	0.020	80%
	1.50	7	0.10	0.010	90%
	2	7	0.10	0.008	92%
	2.50	7	0.10	0.010	90%
	0.50	6	0.10	0.010	90%
	0.75	6	0.10	0.010	90%
	1	6	0.10	0.007	93%
	1.50	6	0.10	0.009	91%
	2	6	0.10	0.008	92%
	2.50	6	0.10	0.003	97%
	0.50	5.5	0.10	0.010	90%
	0.75	5.5	0.10	0.008	92%
	1	5.5	0.10	0.012	88%
	1.50	5.5	0.10	0.005	95%
	2	5.5	0.10	0.005	95%
	2.50	5.5	0.10	0.006	94%
	0.50	4	0.10	0.020	80%
	0.75	4	0.10	0.010	90%
	1	4	0.10	0.010	90%
	1.50	4	0.10	0.010	90%
	2	4	0.10	0.010	90%
	2.50	4	0.10	0.007	93%
	0.50	3	0.10	0.008	92%
	0.75	3	0.10	0.010	90%
	1	3	0.10	0.012	88%
	1.50	3	0.10	0.010	90%
	2	3	0.10	0.010	90%
	2.50	3	0.10	0.007	93%

**Tabla 10.** Mayor eficiencia de adsorción de As.

Adsorbente	pH	Dosis g	% Adsorción
<b>Goma de <i>Prosopis pallida</i></b>	7	0.75	93%
	6	2.50	97%
	5.5	1.50	95%
	5.5	2	95%
	4	2.50	93%
	3	2.50	93%



*Figura 13.* Porcentaje de adsorción de As.

Según la figura donde se demuestra el % de adsorción de cada dosis a diferentes pH, la que tuvo mayor eficiencia con dosis de 2.50 g de *Prosopis pallida* a pH 6 logrando un 97 % de eficiencia para la remoción de As del agua subterránea de Cruz del Médano, cabe mencionar que se destaca de igual manera las otras dosis y pH ya que adsorbieron por debajo de LMP removiendo un 93%, y 95%.

### Contrastación de hipótesis

**H<sub>1</sub>:** algunos de los valores del pH influyen en la adsorción de As con goma de *Prosopis pallida*.

**H<sub>0</sub>:** ninguno de los valores del pH influye en la adsorción de As con goma de *Prosopis pallida*.

En cuanto a la hipótesis, cabe mencionar que, según los resultados anteriormente mencionados, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que el pH es un parámetro muy importante y muy influyente en todo proceso de adsorción, absorción, coagulación y floculación. Asimismo que los resultados de remoción son evidentemente eficientes.

#### IV. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en la adsorción de As con goma de *Prosopis pallida*, cabe la certeza que este hidrocoloide tiene la capacidad de adsorber este metaloide de 0.10mg/l a 0.003 con 2,50 g de goma de algarrobo a pH 6, logrando 97 % de eficiencia, siendo este una nueva forma de ayudar y contrarrestar los problemas ambientales que el As ocasiona.

Los resultados de Caso y Laureano (2018) en su investigación con la goma de tara como agente floculante ayuda a mejora el proceso de remoción de As con cloruro férrico llegando a remover 0,027mg/l de 0.257mg/l representando un 90.7% de eficiencia, sin embargo, la goma de algarrobo que contiene similar composición química de la goma de tara supero la remoción de As en un 97% de eficiencia.

En cuanto a la investigación de Millán (2016) la extracción de la goma de la *Prosopis alba* en el método mecánico que consiste básicamente en la deshidratación del futo, obtención de la semilla, molienda, tamizado para así obtener la goma. A comparación de la goma de *Prosopis pallida*, como resultado la extracción de la goma no fue la correcta debido a que el endospermo que contiene la semilla del algarrobo se encuentra adherida a testa, lo cual que no se logró obtener goma pura.



## V. CONCLUSIONES

1. Se identificó la concentración inicial de este metaloide en aguas subterráneas del pozo a tajo abierto ubicado en el parque principal de la localidad de Cruz del Médano, llegando a obtener como resultado 0.10 mg/l superando el límite máximo permitido de 0.01 mg/l según la normativa ambiental peruana, siendo altamente toxico para la salud ocasionando hasta la muerte.
2. Se dosificó 6 distintas cantidades de la goma de *Prosopis pallida* en tales como: 0.50 g, 0.75 g, 1 g, 1.50 g, 2g, 2.50 g a pH 7, 6, 5.5, 4, 3, es decir se realizó cinco pruebas de jarras con 700ml de agua con As, teniendo en cuenta la influencia que tiene el pH en proceso de la adsorción con el propósito de adsorber la mayor cantidad de As presente en el agua.
3. En cuantificó la concentración final del As presente en el agua donde se logró reducir la concentración inicial de este metaloide de 0.10 mg/l a 0.007mg/l con 0,75g de goma a pH 7 y 2.5g a pH 3 y 4, con una eficiencia de un 93%, 0.005mg/ con 1.5g y 2g a pH 5.5, con una eficiencia de 95% y 0.003 mg/l con 2.50 g, siendo esta la dosis optima de la goma de algarrobo a pH 6, demostrando así la gran influencia que tiene este parámetro en procesos de adsorción, mostrando un 97% de eficiencia, lo que permitirá de alguna forma contrarrestar contra la contaminación de aguas subterráneas y superficiales.
4. Finalizando, se logró determinar la influencia del pH en la adsorción de As debido a que en todas las dosis empleadas mostraron como resultado una variación leve, pero eficiente ya que más del 90% de las distintas dosis lograron un rendimiento óptimo adsorbiendo por debajo del LMP.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Optimizar métodos de extracción de la goma de *Prosopis pallida*, ya que esta posee muchas propiedades beneficiosas para la salud, además que se aprovechada para distintos ámbitos industriales, generando ingresos a la población lambayecana siendo este departamento uno de los mayores productores de algarrobo seguido del departamento de Piura.
2. Realizar más repeticiones para asegurar la efectividad de la dosis y el pH.
3. Efectuar análisis que impliquen mayor cantidad de parámetros tales como la temperatura, revoluciones, tiempo de contacto, etc.

## REFERENCIAS

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [en línea]. Roma, 2016 [Fecha de consulta: 11 de abril de 2019]. disponible en <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf> ISSN:978-92-5-308960-4

ARAGÓN Sulik, Manuel [et al]. Distribución geográfica de arsénico en acuíferos de los Valles Centrales de Oaxaca, México. Revista de Ingeniería Hidráulica y Ambiental [en línea]. Enero-abril 2015, n° 1. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2019]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v36n1/riha08115.pdf> ISSN:1815-591X

ANARRO. Guía de salud. 2014. [en línea] Goma Guar. [Fecha de consulta: 25 de abril del 2019] Disponible en [https://www.eladiet.com/sites/default/files/goma\\_guar.pdf](https://www.eladiet.com/sites/default/files/goma_guar.pdf)

ALARCÓN Herrera Teresa [et al]. Arsénico en Agua Presencia, cuantificación analítica y mitigación [en línea]. México: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2013 [7 de mayo del 2019]. Disponible en <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf>

ALCÁNTARA Marquina Jorge Andrés y FERNÁNDEZ Jugo, Roberto Carlos. Influencia de la goma de algarroba (*Prosopis pallida*) a través del tiempo en las propiedades fisicoquímicas de queso inoculado con *Lactobacillus acidophilus*. Tesis (Ingeniero Químico). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, (2016). Disponible en <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8997>

Agencia de investigación y desarrollo. Revista Científico. Mezquite, para limpiar suelos contaminados con metales pesados [en línea]. 19 de junio del 2018. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2019]. Disponible en [http://michoacantrespuntocero.com/cientifico.mx/mezquite-para-limpiar-suelos-contaminados-con-metales-pesados/?fbclid=IwAR0bBmWAbQq1Og4UN8buiEzY9sF8qa\\_2hbJsg\\_dovJTqTo8pVuItpPIxYhY](http://michoacantrespuntocero.com/cientifico.mx/mezquite-para-limpiar-suelos-contaminados-con-metales-pesados/?fbclid=IwAR0bBmWAbQq1Og4UN8buiEzY9sF8qa_2hbJsg_dovJTqTo8pVuItpPIxYhY)

ANDÍA Cárdenas Yolanda. Tratamiento de agua: coagulación floculación [en línea]. SEDAPAL. 2000. [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)

BANCHÓN, Carlos [et al]. Coagulante natural para la descontaminación de efluentes industriales. Revista Enfoque UTE [en línea]. Quito. Octubre-diciembre 2016, n°4. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2019]. Disponible en <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n4/1390-6542-enfoqueute-7-04-00111.pdf> ISSN:1390-6542/ ISSN:1390-9363 <http://dx.doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.118>

BIBI Sadia, FAROOQI Abida, HUSSAIN Khadim y HAIDER, Naghma. Evaluation of industrial based adsorbents for simultaneous removal of arsenic and fluoride from drinking water. Journal of Cleaner Production [En línea]. 8 de setiembre de 2014 [fecha

de consulta: 14 de noviembre de 2019]. Disponible en: DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.09.030

BIOPAT/PERÚ: Comisión Nacional contra la Biopiratería. (febrero, 2019). Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la propiedad Intelectual(INDECOPI). Disponible en <https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/3180041/algarrobo.pdf/094d45db-4235-9a32-2a32-e1c3fe726d9b>

CASTRO de Esparza Maria Luisa, LITTER Marta I. y, WONG María. Metodologías analíticas para la determinación de especiación de arsénico en aguas y suelos. Capítulo 3. Métodos espectrofotométricos. [En línea]Argentina: CYTED, 2009[Fecha de consulta: 8 de junio del 2019].

CLESCERI Lenore S, GREENBERG Arnold E y EATONS Andrew D. Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater [En línea]20. ed. Estados Unidos, American Public Health Association 1998[fecha de consulta: 04 de junio de 2019] Disponible en: ISBN: 0-87553-235-7

CASO Rupay Gustavo Fernando y LAUREANO Estrella Laura Leonela. La goma de tara como agente floculante en la optimización del proceso de remoción de arsénico con FeCl3 presente en agua de mina. Tesis (Título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales) Callao: Universidad Nacional del Callao, 2018. Disponible en: [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3337/Caso%20Rupay%20y%20Laureano%20Estrella\\_TESISPR\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3337/Caso%20Rupay%20y%20Laureano%20Estrella_TESISPR_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

COLQUI Ticia, Anyori Olivia y DOMÍNGUEZ Santoyo, Ensson Fernando. Comparación del porcentaje de proteínas, carbohidratos y lípidos de la *Prosopis pallida* “algarrobo” proveniente de los distritos de Tucúme y Olmos, departamento de Lambayeque. Tesis (Título Profesional de Químico Farmacéutico). Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, 2018.[Fecha de consulta: 5 de mayo del 2019] Disponible en <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/743>

DIGESA. Parámetros organolépticos[en línea].[Fecha de consulta:18 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

Decreto Supremo N°047-2018-PCM. Diario oficial El Peruano, Lima-Perú, 2 de mayo de 2018.

DOSTERT Nicolas, ROQUE José, CANO Asunción, LA TORRE María I. y WEIGEND Maximilian. Factsheet: Datos botánicos del Algarrobo. [en línea]. 2012.[fecha de consulta; 7 de junio de 2019]. Disponible en: [http://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1086/Factsheet\\_datos\\_botanicos\\_algarrobo\\_2012\\_keyword\\_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1086/Factsheet_datos_botanicos_algarrobo_2012_keyword_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Evaluación del potencial tecnológico de galactomananos del endospermo de semillas de *Prosopis* sp. para el uso en la industria de alimentos. Agriscientia por Oliva M C, Alfaro e I y Palape. [en línea]. 07 de diciembre de 2010[ fecha de consulta; 6 de septiembre de 2019]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Downloads/2772-Texto%20del%20art%C3%ADculo-9320-1-10-20120831.pdf>

FERRER. A. Intoxicación de metales. Anales del Sistema Sanitario de Navarra [En línea] 2003, Vol. 26[fecha de consulta: 13 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1137-66272003000200008](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008) ISSN 1137-6627

GARCÍA Rojas, Norma [et al]Análisis de la adsorción como método de pulimiento en el tratamiento de aguas residuales. Revista QUIVERA. [en línea]. Enero- Junio 2012, n°1. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/401/40123894007.pdf>

HUAMANI Azorza, José Antonio y HUAMOLLE Barreto, Aurora Olegari. Remoción de cadmio en soluciones acuosas usando nanopartículas de hierro cerovalente sobre una matriz de quitosano. Tesis (Título Profesional de Toxicólogo). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos,2017. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2019]. disponible en <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/6147>

LAPERCHE V., BODÉANAN F., DICTOR M.C., y BARANGER Ph. Guide méthodologique de l'arsenic appliqué à la gestion des sites et sols pollués [en línea]. BRGM/RP-52066-FR. 2003. [Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-52066-FR.pdf>

LOCONI Serquén, Milagros Lisbet y SILVA Guevara Edwin Winston. Determinación de los parámetros de solución y tiempo de fermentación para obtener una bebida alcohólica utilizando harina de algarroba (*Prosopis pallida*). Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias) Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo,2014. Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/149>

MACHACA Fernandez Sonia Danitza, QUISPE Yanapa Bacliner y CARPIO Fernandez Josemanuel F. Estudio hidrogeológico del distrito de Mórrope [en línea]. INGEMMET. 2018.[Fecha de consulta: 27 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//5439\\_informe-tecnico-n0-a6830-estudio-hidrogeologico-del-distrito-de-morrope-provincia-y-departamento-de-lambayeque.pdf](http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//5439_informe-tecnico-n0-a6830-estudio-hidrogeologico-del-distrito-de-morrope-provincia-y-departamento-de-lambayeque.pdf)

MARIE George, Christine; SIMA Laura; JAHUIRA Arias, M Helena; MIHALIC Jana [et al].Arsenic exposure in drinking water: an unrecognized health threat in Peru. Bulletin World health organ[en línea].June the 2014.[Fecha de consulta:13 de abril del 2019]. Disponible en: [https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0042-96862014000800565&script=sci\\_abstract&lng=fr](https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0042-96862014000800565&script=sci_abstract&lng=fr) doi: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.13.128496>

MILLAN, Mónica P; LOPEZ marquez, María del V y RAMON, Adriana N. Obtención de goma de semillas de algarroba (*Prosopis alba*) y su utilización en formulaciones alimenticias [en línea] B. Aires (2016). [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2019] Disponible en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1852-73372016000400006](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1852-73372016000400006) ISSN 0328-1310

MONROY Torres y ESPINOZA Pérez. Factores que intensifican el riesgo toxicológico en comunidades expuestas al arsénico en agua. Ciencia UAT[En línea]. Junio de 2018 [fecha de consulta:14 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v12n2/2007-7858-cuat-12-02-148.pdf> ISSN 2007-7521

MONTOYA Rangel [et al]. Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos. Revista Terra Latinoamericana. [en línea].2015, n°2[Fecha de consulta: 9 de mayo del 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57339210001> E-ISSN: 2395-8030

MQuant. Test de arsénico[En Línea] Germani 2019,[Fecha de consulta: 17 de junio de 2019] Disponible en: [http://www.merckmillipore.com/PE/es/product/Arsenic-Test,MDA\\_CHEM-117927](http://www.merckmillipore.com/PE/es/product/Arsenic-Test,MDA_CHEM-117927)

PANIZZOLO Luis y FERREIRA Fernando. Aprovechamiento de gomas orientales y otros biomateriales [en línea]. Instituto Nacional de Investigación Agraria de Uruguay. 2019.[Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2019/Biomateriales/Panizzolo%20y%20Ferreira%201.pdf>

PAREDES Ramírez, Juan Luis. Remoción de arsénico del agua para usos y consumos humano mediante diferentes materiales de adsorción. Tesis (Maestro en Ingeniería Ambiental). México: Universidad Nacional Autónoma de México,2012. Disponible en <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5084/Tesis.pdf?sequence=1>

Resolución Ministerial N°389-2011/MINSA. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Arsénico.Lima-Perú.2012

ROSALES Lucas, Jorge Jonathan y ROMERO Damas, Liz Rocio. Determinación del pH y tamaño de partícula óptimos para la remoción de arsénico con dolomita del agua potable de Jauja Metropolitana. Tesis (Ingeniero Químico). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, (2015). Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3737>

SK Akhtar Ahmad y MANZURUL Haque Khan. Ground Water Arsenic Contamination and Its Health Effects in Bangladesh. Handbook of Arsenic Toxicology [En línea]. 2014[fecha de consulta: 04 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012418688000022> doi: 10.1016 / b978-0-12-418688-0.00002-2

SÁNCHEZ Guerrero Luis, CHIROQUE Luzuriaga Darwin, MENDOZA Castro Martín, QUIROGA Sedano Fernando, SAMANIEGO Olaya Petreck. Diseño de una planta de producción de algarrobina en el parque Kurt Beer[en línea]. Universidad de Piura. 2013.[Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2019]. Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1711/PYT\\_Informe\\_Final\\_Algarroba\\_Kurt\\_Beer.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1711/PYT_Informe_Final_Algarroba_Kurt_Beer.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

SICCHA, Ana y LOCK de Ugaz Olga. Revista de Química. Vol.VI. N°2. diciembre de 1992 [Fecha de consulta: 12 de abril del 2019].

TEJADA-Tovar, Candelaria, VILLABONA-Ortiz, Ángel y GARCÉS- Jaraba, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. Revista Tecnológicas. [en línea]. Enero-junio de 2015. Vol.18, n°34. [Fecha de consulta: 9 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234336010> ISSN:0123-7799

TÓFALO Abel Mario. Determinación de arsénico, Yodo y Vanadio en aguas subterráneas de la Provincia de Entre Ríos. Tesis (Doctor en Ciencias Químicas). Argentina: Universidad de Buenos Aires, 1942. Disponible en: [file:///D:/tesis\\_n0279\\_Tofalo%20As.pdf](file:///D:/tesis_n0279_Tofalo%20As.pdf)

UTURUNCO C y PAREDES H. Contaminación por arsénico y plomo en el agua subterránea del distrito de Mórrope – Lambayeque [en línea]. COEN-INDECI. 05 de marzo de 2019. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/04/INFORME-DE-EMERGENCIA-N%C2%BA-456-13ABR2019-CONTAMINACI%C3%93N-DE-ARS%C3%89NICO-Y-PLOMO-EN-EL-AGUA-EN-EL-DISTRITO-DE-M%C3%93RROPE-LAMBAYEQUE-39.pdf>

USHER Silvia, ZOBOI Juan Gabito, CHIRUCHI Juan Antonio y SERRENTINO Carlos. Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes. [en línea]. Dirección Nacional de Medio Ambiente. 1996. [Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2020]. Disponible en: [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual\\_dinama.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf)

VALERO Cárdenas Cintya, VALLADARES Cisneros María Guadalupe, MELGOZA Alemán Rosa María Y DE LA CRUZ Burelo Patricia. Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. Revista Ingenierías Universidad de Medellín [en línea]. Julio-diciembre de 2017, vol. 16, No. 31. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v16n31/1692-3324-rium-16-31-00055.pdf> SSN 1692-3324

## ANEXOS

### Anexo 01. Operacionalización de variables.

VARIABLE(S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INDICE
VD: Adsorción de arsénico	Según Valerio, Valladares, Melgoza y De la Cruz (2016). Mencionan que las nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente como la adsorción permite dar un tratamiento al agua contaminada, entre otros, en el caso de la descontaminación de aguas por As el proceso de adsorción físico o también conocido como fuerzas de van der Waals donde permitirá que el contaminante en este caso el metaloide o adsorbato se adhiera al adsorbente que es la goma de <i>Prosopis pallida</i> , sin alterar o modificar su estructura natural.	Se realizará los respectivos análisis tanto para determinar la concentración antes de realizar el proceso de laboratorio correspondiente como pruebas de jarras y el respectivo método de adsorción para luego volver a corroborar cuanto la influencia del pH en la adsorción de arsénico As.	Concentración	mg/l
VI: pH	El pH es la medida de alcalinidad o acidez de una sustancia, según Tejada, Villabona y Garcés (2015), el pH es importante en el proceso de adsorción ya que de este dependerá la de concentración de contaminante adsorbido en el adsorbente que en este caso es la goma de <i>Prosopis pallida</i> .	En este caso el pH siendo nuestra variable indirecta es la que determinará si es que influye en la adsorción de arsénico mediante la variación de unidades en distintas muestras que se van a trabajar.	Escala de pH	Valores 0-14



Anexo 02. Recolección de vainas(fruto) de Prosopis pallida.



Anexo 03. Humedecer la vaina para la extracción de la semilla.



Anexo 04. Semilla extraída.



Anexo 05. Reducción de humedad en la estufa.



Anexo 06. Molienda.



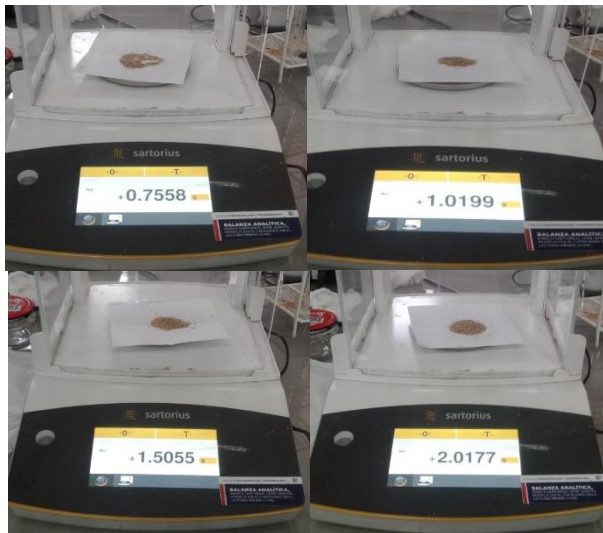
Anexo 07. Tamizado y separación de la goma.



Anexo 08. Toma de muestra en el pozo de tajo abierto Cruz del Médano.



Anexo 09. Dosis goma de Prosopis pallida.



Anexo 10. Preparación de la goma.

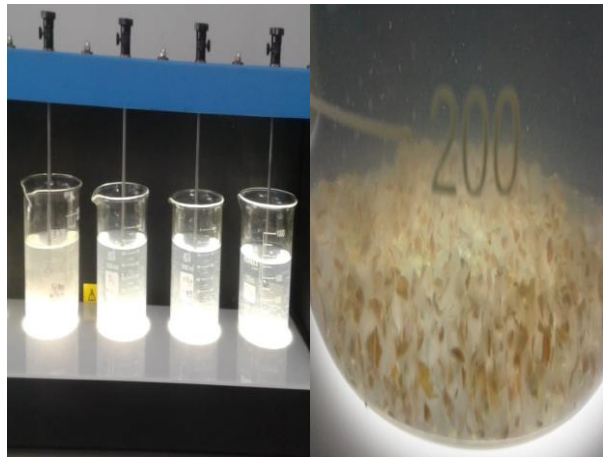




Anexo 11. pH a trabajar.



Anexo 12. Prueba de jarras.



Anexo 13. Determinación de concentración final de As con el test de arsénico después del tratamiento.



## Anexo 14. Análisis de laboratorio.



### LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

**USUARIO** : Cubas Rivera Leydy Heidy  
**TIPO DE ANÁLISIS** : Físicoquímico  
**PROYECTO** : Influencia del pH en la adsorción de arsénico con goma de *Prosopis pallida* en aguas subterráneas del distrito de Mórrope  
**FECHA DE EMISIÓN** : 16 de diciembre

Muestra	Temperatura	Tiempo	Equipo
Biomasa	145° C	30 minutos	Estufa

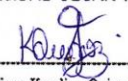
Biomasa inicial: 422.936 gramos

Biomasa final: 295.012 gramos

Parámetros iniciales	
pH	8.486
Conductividad eléctrica	616.1 us/cm
Temperatura	27°C
Concentración As	0.10 mg/L

Estado actual del agua con As a tratar, en cuanto a conductividad eléctrica, pH, concentración de As con 0.10 mg/L, lo cual representa un alto contenido tóxico para la salud.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

  
Ing. Diana Karolina Quiroz Incio  
Laboratorio de biotecnología y microbiología

**CAMPUS CHICLAYO**  
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5  
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



Dosis de goma de <i>Prosopis pallida</i> (g)	pH	Concentración final de As mg/L	Tiempo contacto(min)	RPM
0.50	7	0.010	5 min/20 min	200 /100
0.75	7	0.007	5 min/20 min	200 /100
1	7	0.020	5 min/20 min	200 /100
1.50	7	0.010	5 min/20 min	200 /100
2	7	0.008	5 min/20 min	200 /100
2.50	7	0.010	5 min/20 min	200 /100
0.50	6	0.010	5 min/20 min	200 /100
0.75	6	0.010	5 min/20 min	200 /100
1	6	0.007	5 min/20 min	200 /100
1.50	6	0.009	5 min/20 min	200 /100
2	6	0.008	5 min/20 min	200 /100
2.50	6	0.003	5 min/20 min	200 /100
0.50	5.5	0.010	5 min/20 min	200 /100
0.75	5.5	0.008	5 min/20 min	200 /100
1	5.5	0.012	5 min/20 min	200 /100
1.50	5.5	0.005	5 min/20 min	200 /100
2	5.5	0.005	5 min/20 min	200 /100
2.50	5.5	0.006	5 min/20 min	200 /100
0.50	4	0.020	5 min/20 min	200 /100
0.75	4	0.010	5 min/20 min	200 /100
1	4	0.010	5 min/20 min	200 /100
1.50	4	0.010	5 min/20 min	200 /100
2	4	0.010	5 min/20 min	200 /100
2.50	4	0.007	5 min/20 min	200 /100
0.50	3	0.008	5 min/20 min	200 /100
0.75	3	0.010	5 min/20 min	200 /100
1	3	0.012	5 min/20 min	200 /100
1.50	3	0.010	5 min/20 min	200 /100
2	3	0.010	5 min/20 min	200 /100
2.50	3	0.007	5 min/20 min	200 /100