



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Utilización del alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) en la reducción de arsénico en aguas subterráneas, La Colorada – Mórrope

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

AUTORES:

Cristhian Raul, Monsalve Fernandez (ORCID: 0000-0001-9226-7156)

Joselyn Vanessa, Pairazaman Iberico (ORCID: 0000-0001-6846-7254)

ASESOR:

Dr. John William, Cajan Alcántara (ORCID: 0000-0003-2509-9927)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Agradecer en primer lugar a Dios por darnos las fuerzas de seguir adelante y por habernos permitido lograr una de nuestras metas con su ayuda.

A la persona que nos brindó la vida a nuestras madres que con mucho esfuerzo nos apoya a seguir adelante a lograr los objetivos que nos proponemos en nuestra vida personal y profesional.

A nuestros, hermanos; que nos dan la mano cuando más lo necesitamos que están allí apoyándonos en todo a superar cada obstáculo que se nos presenta, pero gracias a ellos estamos continuando con nuestros sueños.

A nuestros compañeros y amigos que nos abrieron la amistad durante nuestra vida universitaria y que hasta ahora están ahí dándonos la mano para seguir triunfando juntos.

CRISTHIAN Y JOSELYN

Agradecimiento

Agradecer a Dios por habernos guiado a lo largo del camino de nuestra carrera profesional y

A nuestros padres por haber confiado en nosotros durante todo el recorrido de nuestra etapa profesional.

A nuestro Asesor, el Dr. Cajan Alcantara John William por la asesoría constante y correcciones durante nuestra elaboración de tesis, de igual manera a todos los docentes que nos brindaron su apoyo.

CRISTHIAN Y JOSELYN

Página del Jurado



Declaratoria de autenticidad

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE AUTORES

Nosotros, Monsalve Fernandez Cristhian Raul y Pairazaman Iberico Joselyn Vanessa, alumnos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo (filial Chiclayo), declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado “Utilización del alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) en la reducción de arsénico en aguas subterráneas, La Colorada – Mórrope”, son:

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

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

Chiclayo, 28 de agosto de 2020

Monsalve Fernandez Cristhian Raul

DNI: 71070914

Pairazaman Iberico Joselyn Vanessa

DNI: 72304787

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO.....	14
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
2.2. Población, muestra y muestreo.	15
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	15
2.4. Procedimiento.....	17
2.5. Método de análisis de datos.	18
2.6. Aspectos éticos.....	18
III. RESULTADOS	19
.....	20
IV. DISCUSIÓN	30
V. CONCLUSION	32
VI. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS	39
Anexo 1. Galería Fotográfica.....	39
Anexo 2. Operacionalización de variables.....	46
Anexo 3. Resultados de Análisis.	47
Anexo 4. Acta de Aprobación de originalidad de tesis	50
Anexo 5. Reporte de Turnitin	51
Anexo 6. Autorización de Publicación de Tesis en el Repositorio Institucional UCV	52
Anexo 7. Autorización de la versión final del Trabajo de Investigación.....	53

Índice de tablas

Tabla 01: <i>Diseño experimental</i>	14
Tabla 02. <i>Concentraciones finales de Arsénico en (mg/l)</i>	19
Tabla 03: <i>Porcentajes de adsorción</i>	29

Índice de figuras

<i>Figura 01</i> ND: No determinado	9
<i>Figura 02</i> Fuente: Carbajal et. al, 2005.....	9
<i>Figura 03</i> Fuente (La química del banano, 2015).....	11
<i>Figura 04</i> : Pasos para la obtención del Alga.....	17
<i>Figura 05</i> : Pasos para la obtención del banano.....	18
<i>Figura 06</i> : Tratamiento N°1 con dosis 6gr.....	20
<i>Figura 07</i> : Tratamiento N°1 con dosis 5gr.	20
<i>Figura 08</i> : Tratamiento N°1 con dosis 4gr.	21
<i>Figura 09</i> : Tratamiento N°2 con dosis de 3gr.....	21
<i>Figura 10</i> Tratamiento N°2 con dosis de 2.5gr.....	22
<i>Figura 11</i> : Tratamiento N°2 con dosis de 2gr.....	22
<i>Figura 12</i> : Tratamiento N°3 con dosis de 1gr.....	23
<i>Figura 13</i> : Tratamiento N°3 con dosis de 0.75gr.....	23
<i>Figura 14</i> : Tratamiento N°3 con dosis de 0.5gr.....	24
<i>Figura 15</i> : Tratamiento N°4 con dosis de 0.25gr.....	24
<i>Figura 16</i> : Tratamiento N°1 con dosis de 4, 5 y 6gr.....	25
<i>Figura 17</i> : Tratamiento N°2 con dosis de 3, 2.5 y 2gr.....	26
<i>Figura 18</i> : Tratamiento N°3 con dosis de 1, 0.75 y 0.5gr.....	27
<i>Figura 19</i> : Tratamiento N°4 con dosis de 0.25gr.....	28

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación fue determinar la eficiencia del uso de algas marinas (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) en la reducción de Arsénico en aguas subterráneas procedentes de IRHS 54 (Inventario de recursos hídricos) del Centro Poblado La Colorada del Distrito de Morrope. La población para este estudio fue el IRHS 54, es decir, agua subterránea y la muestra fue de 20 litros.

El alga (*Chondracanthus chamissoi*) fue recolectada en la playa Santa Rosa y la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) fue recolectada en el mercado Moshoqueque, luego se acondicionó, se secó, se trituyó, se tamizó y fueron envasadas en unos recipientes para los respectivos tratamientos. Se realizó diversos tratamientos en prueba de jarras, con el alga (*Chondracanthus chamissoi*) y la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) por separado y luego con la mezcla de ambas, trabajando con un tamaño de partícula de 250 μ m, dosis de 6gr., 5gr., 4gr., 3gr., 2.5gr., 2gr., 1gr., 0.75gr., 0.5gr. y 0.25gr., tiempo de contacto 60min. y velocidad de 200rpm., todo el proceso fue realizado a temperatura ambiente.

Se comprobó una vez más que el alga (*Chondracanthus chamissoi*) cómo la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) son eficientes para reducir concentraciones de Arsénico presente en el agua, pero más eficiente es la mezcla de ambas ya que se logró determinar que en el último tratamiento realizado con una dosis de 0.25gr. se logró adsorber el 99% de Arsénico presente en el agua, obteniendo una concentración final de 0.001mg/L.

Palabras Clave: Adsorción, *Chondracanthus chamissoi*, *Musa paradisiaca*, tamaño de partícula.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the efficiency of the use of seaweed (*Chondracanthus chamissoi*) and banana peel (*Musa paradisiaca*) in the reduction of Arsenic in groundwater from IRHS 54 (Inventory of water resources) of the Center Populated La Colorada from the District of Morrope. The population for this study was the IRHS 54, i.e groundwater and the sample was 20 liters.

The seaweed (*Chondracanthus chamissoi*) was collected at Santa Rosa beach and the banana peel (*Musa paradisiaca*) was collected at the Moshoque market, then conditioned, dried, crushed, sieved and packed in containers for the respective treatments. Several treatments were carried out in test jars, with seaweed (*Chondracanthus chamissoi*) and banana peel (*Musa paradisiaca*) separately and then with the mixture of both, working with a particle size of 250 μ m, dose of 6gr, 5gr., 4gr., 3gr., 2.5gr., 2gr., 1gr., 0.75gr., 0.5gr. and 0.25gr., contact time 60min. and 200rpm speed, all the process was performed at room temperature.

It was determined that both seaweed (*Chondracanthus chamissoi*) and banana peel (*Musa paradisiaca*) are efficient to reduce concentrations of Arsenic present in water, but more efficient is the mixture of both as it was possible to determine that in the last treatment performed with a dose of 0.25gr. 99% of Arsenic present in water was adsorbed, obtaining a final concentration of 0.001mg/L.

Keywords: Adsorption, *Chondracanthus chamissoi*, *Musa paradisiaca*, particle size

I. INTRODUCCIÓN

El agua es la sustancia líquida que es el sustento de la vida y cubre un promedio del 71% de la extensión del planeta y se encuentra dividida en océanos, lagos, ríos; en el aire y en el suelo. Es un material flexible y solvente excepcional, un reactivo ideal en procesos físicos, químicos y biológicos.

La creciente demanda por este recurso hídrico se ha convertido en el más exigente para uso doméstico en términos de calidad y seguridad del suministro, su disposición al no ser tratada tiene consecuencias que agrava directamente a la salud humana. Este recurso hídrico es muy importante para la subsistencia de la vida.

De acuerdo con la OMS, precisamente la cuarta parte de las camas en los hospitales de todo el mundo están ocupadas por enfermos cuyas dolencias se tienen dado al consumo de agua contaminada dando como diagnóstico la insalubridad y presencia de metales pesados en el agua. El Arsénico, en el agua se encuentra presente por las disoluciones naturales de minerales de formación o depósitos geológicos, sedimentaciones atmosféricas, la descarga de efluentes industriales.

Los diferentes casos de aparición de Arsénico en aguas subterráneas están ligados con ambientes geológicos en diferentes formaciones; entre éstas tenemos las cuencas aluviales terciarias y cuaternarias, sistemas hidrotermales y generalmente en las formaciones volcánicas y volcano-sedimentarias. (Smedley et al., 2002).

En varios países del mundo, se han determinado aguas subterráneas que presentan contenido de Arsénico superiores a 0.50mg/l, como es el caso de los países de Asia, incluyendo Bangladesh, India (Bengala Oeste), Nepal, China, Taiwán, Vietnam. En América, los países con más presencia de Arsénico en el agua son EE. UU., Argentina, Chile, Perú, El Salvador y México. En Europa, Grecia, Hungría, Rumania y España. Asia ha sido el continente donde más estudios se han realizado, principalmente en Taiwán y Bangladesh. (Litter & Armienta, 2010).

En la región Tacna, se evidencia presencia de Arsénico en el agua para consumo humano y que viene ocasionando diversos problemas de contaminación, posiblemente es por su ubicación geográfica, al tener pisos volcánicos que desarrollan la contaminación natural de aguas geogénicas por la disolución de Arsénico.

La Dirección Regional de Salud de Tacna en el 2014 reportó que, de los 27 distritos que tiene, 19 exceden los límites máximos permisibles de Arsénico en agua apta para el consumo humano establecidos por la OMS y la legislación Peruana.

En el 2015 un estudio realizado por la Dirección de Salud Ambiental de Tacna reportó concentraciones de 0.27 mg/l a 0.68 mg/l de Arsénico en aguas subterráneas del distrito de Cairani en la provincia de Candarave.

En la Región Lambayeque se viene presentando una problemática de contaminación de aguas por la existencia de metales pesados, tal es el caso de los distritos de la provincia de Lambayeque como Mórrope, Illimo, Pacora, entre otros; en cuya población se ha generado una emergencia de salud pública la cual no viene siendo atendida por las autoridades. Se trata del agua proveniente de los pozos la cual se encuentra contaminada con metales pesados como lo son el Arsénico y Plomo. Esta no debería ser usada ni siquiera para lavarse las manos; no obstante, las personas que viven en diversas localidades de esta provincia la utilizan ya que se ven en la necesidad de hacerlo incluso para preparar sus alimentos.

El caso fue alertado hace cerca de tres años tras lo cual la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM) tomó algunas medidas, como enviar camiones cisterna y dar paliativos a los pobladores del distrito de Mórrope (*La República* 29 de Abr 2019). Sin embargo, no es suficiente ya que el problema se mantiene y que es necesario una solución a corto plazo.

Para contrarrestar la problemática se viene investigando el uso de recursos biológicos como medio adsorbente para el tratamiento de aguas contaminadas con presencia de metales pesados. Estos recursos biológicos con los hongos, bacterias y algas que vienen dando resultados positivos para retirar los metales pesados como Zinc, Uranio, Cobre, Hierro, Cromo, Cadmio, Cobalto. (PLAZA, 2012).

Otro recurso importante para la adsorción, es la cáscara de plátano que, al ser deshidratada a temperatura ambiente, con un tamaño muy reducido y que, al entrar en contacto con el agua, absorben los metales pesados, en una cantidad de 5gr por 100ml de agua, llegando a depurar un 65%. Esto es viable porque las cáscaras de plátano tienen moléculas negativas y son llamados con la carga efectiva de los metales pesados. (GAMARRA, F. 2014).

Estudios realizados referentes a las variables de la investigación, destacan los extraídos a nivel internacional como:

CONDE, C. et al. (2014) En su artículo, tiene como finalidad establecer un sistema a nivel de laboratorio lo cual le permitirá estimar el volumen de la cáscara seca de plátano tipo tabasco para la adsorción de Cobre en una solución, lo primero que se realizó es cuantificar una cantidad de Cobre y que la cáscara de plátano pueda adsorber, luego prepara un mecanismo en laboratorio para el tratamiento de Cobre, después la hacen atravesar por una columna empaquetada con cáscara de plátano dentro, para terminar el proceso el líquido filtrado es llevado a un laboratorio para el análisis respectivo. Teniendo como resultado 5,749mg/l de concentración de Cobre con una concentración inicial de 9.803mg/l, y un rendimiento de 58.66%, concluyendo la aceptación de la hipótesis alterna.

MEMON J. et al., (2009), en su trabajo describe que el uso de la biomasa seca de cáscara de plátano, un desperdicio orgánico que se produce diariamente, la cual sirve para adsorber el Cromo en aguas residuales industriales (ARI). Se hizo un análisis de parámetros como el pH, la concentración inicial de iones metálicos, tiempo de contacto y la temperatura. La metodología de adsorción sigue una ecuación pseudo primer orden. Dando como resultado una remoción máxima de 131.56mg/l. Concluyendo que la biomasa de cáscara de plátano es un material que puede utilizarse efectivamente como un adsorbente para quitar iones de Cromo en efluentes de procedencia industrial.

CUIZANO, N. y NAVARRO, A. (2008), en su estudio de investigación para determinar las propiedades adsorbentes de las algas marinas, define que las algas marinas componen un biosorbente conveniente para la supresión de metales pesados por la existencia de grupos

funcionales con elevada consistencia eléctrica como alginatos y fucoidanos. De las cuales los alginatos son los causantes de la biosorción sabiendo que es un prototipo eficiente para la adsorción y la supresión de metales pesados en resoluciones acuosas.

PLAZA, (2012)., en su estudio de investigación para diagnosticar la Remoción de metales pesados empleando algas marinas, llega a la conclusión que estos biomateriales podrían ser usados con la finalidad de adsorber y recuperar selectivamente los metales estudiados tales como Cromo, Plomo, Arsénico, Zinc.

Revisando antecedentes a nivel Nacional se encontró a:

ROCCA (2015), quien presentó su tesis y empleó una metodología que consistió en la elaboración de una solución patrón de Plomo de 1000mg/l, subdividida en concentraciones de 5; 10; 30; 50 y 100mg/l, que fueron tratadas con dosis de 1; 3; 5; y 8gr de la cáscara, previamente preparada (picadas y secadas a 75°C por 24 horas, posteriormente trituradas y tamizadas en 53; 90; 180; 355 y 500 μ m). Finalmente se obtuvo una serie de tratamientos a los cuales se le midió el pH, conductividad, sólidos totales.

De los cuales el trato más efectivo fue en un tiempo de 25min, con el empleo de 8gr a 500 μ m con una velocidad de 300rpm, alcanzando una eficiencia de 99,73% de remoción y en su repetición con un porcentaje de 99,81% y 99,79% para 100mg/l de Plomo. Llegando a concluir que debido al tamaño, la cantidad de dosis agregada, sumando a ello la velocidad y tiempo de agitación, la eficiencia en la remoción de aguas contaminadas con plomo es mucho más efectivos. Es así que este trabajo es considerado relacionado con la investigación en curso, ya que propone dosis, tiempos y tamaños de partículas de la cáscara de plátano con resultados más eficientes en la remoción, la cual se considera aplicativa al presente proyecto de investigación. Según RODRIGUEZ, K. (2017), Se evaluó que la eficiencia de las tres variedades de las cáscaras de plátano, están ligadas específicamente a los grupos y componentes presentes en su pared celular, puesto que va a depender mucho de esta la efectividad, ya que se comprobó que la lignina no es la única responsable de la capacidad para extraer iones de cromo en el agua, del mismo modo que se comprobó que las características del medio (pH y T°) son fundamentales para mejorar el proceso de remoción y la relación sólido/líquido.

Se determinó que la eficiencia del polímero de la cáscara de plátano hartón tiene una eficiencia mayor que los polímeros de la cáscara de plátano palillo e isla en dicho tratamiento de aguas contaminadas con cromo hexavalente, con un promedio de remoción del 62%. Así mismo concluye que la eficiencia de la cáscara de plátano palillo, por igual porcentaje de fibra en detergente ácido que las demás variedades de cáscaras, presenta menor eficiencia que la cáscara de hartón (8% menos), con una remoción del 54%, de la cual se deduce que existe otros componentes aparte de la lignina que juegan un papel importante en la retención de los iones de Cromo. Finalmente determinó que la efectividad de la cáscara de la variedad de plátano isla, muestra una remoción de 50%, siendo 12% menos eficiente que la cáscara de plátano hartón y 4% menos eficiente que la cáscara de plátano palillo.

GONZALES, A. y GUERRA, J. (2016) en su tesis, señala que la biomasa *Musa Sapientum* es una biomasa eficaz para adsorber Plomo y Zinc. El estudio se realizó de la siguiente manera en temperaturas de 35°C, 50°C, 65°C y 80°C, con un movimiento de 50, 80 rpm, de las cuales 80 °C y 80 rpm son las más eficientes, logrando así el, 79.96% de Plomo y Zinc el 66,37%, finalizando que la biomasa de *Musa Sapientum* es efectiva para la adsorción de dichos metales, así mismo, conforme aumenta el movimiento en la agitación y la temperatura, entonces es mayor la eficiencia de adsorción de Plomo y Zinc.

A nivel de la región Lambayeque se realizó un estudio por CCENCHO, S. (2018) determinando que el uso de biomasa seca de cáscara de plátano fue fundamental para la adsorción de Arsénico. Logrando la bioadsorción de una concentración inicial de 0.10mg/l. a 0.0827mg/l. El autor refiere que la dosis y tamaño de partícula óptima fue de 5mg/0.5L y con una malla N° 18. Además, finaliza que la bioadsorción de agua contaminada por este metal por medio de la utilización de la biomasa seca es eficiente, cumpliendo con parámetros que están relacionados en el desarrollo de bioadsorción como es la conductividad eléctrica, potencial redox, dosis y tamaño de partícula.

Para dar sustento científico a la investigación, se revisó algunas teorías relacionadas al Arsénico; considerado como un metal que se puede encontrar en la corteza terrestre, suelos, rocas, minerales en agua y organismos de forma orgánica e inorgánica. Los estudios realizados a este

metal determinan que es de fácil movilización en condiciones naturales, aunque el ser humano ha tenido un gran impacto negativo en la generación de Arsénico tóxico a través de actividades mineras metalúrgicas, el uso excesivo de combustibles fósiles, pesticidas orgánicos, plaguicidas, desecantes agrícolas y herbicidas. Así mismo se da a conocer que se usa para la elaboración de insumos alimentarios para aves de corral y ganado. Rangel, A. et al. El Arsénico se presenta en diferentes estados de oxidación, entre ellos: Arseniato, Arsenito, Arsénico elemental y Arseniuro (ESCALERA Y ORMACHEA 2017).

La mayor parte de concentración de Arsénico se encuentran en pozos con profundidad de 50 metros a más, pueden estar distribuidas heterogéneamente, incluso en zonas muy cortas tienen una mayor variabilidad. El comportamiento de este metal es muy usual en acuíferos con rocas sedimentarias muy cambiantes, sedimentos fluvio – lacustres en los que en la mayoría de los casos está mezclado con minerales de hierro que están de manera heterogénea distribuida en las distintas capas de arcilla, limo o arena. (ESCALERA y ORMACHEA, 2017).

Describir las aguas subterráneas existentes en la tierra es dar origen al periodo hidrológico y se define como un desarrollo por el cual las masas de agua cambian de estado y posición relativa en el planeta, donde retornan superficial o subterráneamente a los mares y océanos. Los factores que influyen en este proceso son el clima, temperatura, aire, intensidad de los vientos, humedad relativa del aire, densidad de la cobertura vegetal.

La toxicidad del Arsénico en concentraciones altas ha sido conocida por siglos, en los que se encuentra documentada que se utilizaba en el tratamiento de numerosas enfermedades como sífilis, cólera e incluso leucemia. La Arsina (AsH_3), es la forma más tóxica del Arsénico, que llega a ser un compuesto gaseoso, inflamable e inodoro. Seguidos por Arsenitos ($As III$), Arseniato ($As V$) y compuestos orgánicos. (TRELLES, 2013).

En los últimos años el Arsénico se ha identificado en agua subterránea, generando un gran problema ya que estas aguas se están usando para consumo directo y el problema es a nivel mundial, convirtiéndose en un caos para la salud de las personas. En gran proporción de países

consumen a diario agua con concentraciones de Arsénico y en muchas ocasiones mayores a 0.10mg/l, que es límite recomendable por la OMS. (TRELLES, 2013).

La ingesta excesiva o su deliberado consumo por no tener conocimiento del agua contaminada con Arsénico, hace que este metal se deposite en los tejidos produciendo la inhibición de la actividad enzimática celular. (TRELLES, 2013). Una de las primordiales fuentes de absorción de Arsénico es por medio oral y se da en el consumo de agua, alimentos y pequeñas cantidades la inhalación de olores y polvos. Para la excreción de este contaminante se realiza mediante la orina y por las heces, pero en menor cantidad. (VERA, 2014).

Adsorción

Es un proceso o fenómeno en el cual se encarga de captar o retener varias especies químicas por intermedio de una biomasa (viva o muerta), por un mecanismo fisicoquímico como el intercambio iónico. El proceso está ligado a la adsorción y tiene una etapa sólida; biomasa (adsorbente) y una etapa líquida (solvente) que tiene dentro las especies disueltas (adsorbatos) lo cual será capturado por la biomasa sólida, entonces para que éste proceso se realice debe encontrarse afinidad entre el adsorbente y los adsorbatos, para que éstos últimos sean transportados hacia el sólido donde van a quedarse retenidos gracias a distintos mecanismos. (QUÍÑONES, 2014).

La adsorción puede darse de distintas maneras, pero cuando la atracción que establecen el adsorbato y adsorbente se definen dos tipos fundamentales de adsorción:

Adsorción física: también conocida por fuerza de Van de Waals este se debe al producto de las fuerzas que la producen donde una molécula es adsorbida y no está fija en un lugar determinado de la superficie, este proceso ocurre mayormente a temperaturas bajas.

Adsorción química: es cuando en los centros activos el adsorbente sufre o produce una interacción formando enlaces muy fuertes por parte del adsorbato y las energías de adsorción son elevadas de orden, este proceso se encuentra favorecida a una temperatura elevada química (COAVAS, 2012).

En la adsorción su influencia de pH, es uno de los factores más importantes tanto en la adsorción de aniones y también cationes, sin embargo, el efecto es distinto para ambos casos. Para la adsorción de aniones favorece un valor muy bajo de pH, que va desde 1,5 a 4, mientras que la adsorción de cationes suele favorecer los valores altos de pH que son superiores a 4,5 (Kuyucak N. & Volesky B. 2008).

Generalmente, la adsorción de metales es determinada a través del uso de isotermas las cuales detallan la estabilidad del proceso. Es muy probable que los modelos de Lagmuir y Freundlich hayan sido los más usados para poder detallar exitosamente el equilibrio en la adsorción.

Durante el proceso de adsorción de metales, la detención va en aumento de manera lineal teniendo en cuenta el equilibrio, la detención está restringida por la cantidad de sitios activos, por lo tanto alcanza una meseta, el cual es el tiempo a partir del cual el adsorbente, ya no produce más adsorción por más que conserve contacto con la solución (Volesky B. 1990).

Con respecto al efecto de cantidad del material adsorbente, el aspecto que va a limitar hasta cierto punto la concentración de metal que adsorbe es la cantidad del adsorbente, esto quiere decir que a más cantidad de adsorbente tendremos una mejor adsorción, lo más recomendable sería llegar a una relación de equilibrio entre la cantidad del adsorbente y la concentración del metal, para así obtener un resultado óptimo en cuanto a adsorción (GARCÉS y COAVAS, 2012).

Para describir la variable independiente, referida al Alga (*Chondracanthus chamissoi*) también llamada “cochayuyo”, esta variedad de alga es originario de la zona Costa Pacífico Sur, que están divididos desde Paita hasta Chiloé que está ubicado en Chile. El *Chondracanthus chamissoi* reside en los territorios intermareal. (VIDAL, Lidia y RYAN, Carolina, 2015).

Generalmente están a un promedio de 4 a 6 metros de profundidad, éstas crecen sobre sustratos duros como conchas, rocas, otros. Poseen un color no determinado que varía entre un marrón rojizo y llega hasta un verde oscuro. Su ciclo de vida es llamado “ciclo de vida trifásico”, tiene tres fases las cuales son: tetraesporofítica, gametofita y carposporofítica. (OTAIZA, R, D Y J. Cáceres, 2015).

Ubicación Taxonómica

Phylum: *Rhodophyta*
Clase: *Florideophyceae*
Orden: *Gigartinales*
Familia: *Gigartinaceae*
Género: *Chondracanthus*
Especie: *Chondracanthus chamissoi*

Composición química del alga *Chondracanthus chamissoi*

Humedad* Material fresco	%
Extractos etéreos	00.123
Ceniza total	15.610
Ceniza insoluble	50.775
Ceniza ácido insoluble	42.4090
Proteína total o proteína bruta	42.4290
Proteína soluble	04.3800
Proteína no digerible	38.530
Proteína digeribles	16.305
Nitrógeno amínico	26.431
Proteína verdadera	280 mg
Nitrógeno no proteico	00.7729
Carbohidratos	41.340
Aminoácido libe	N.D

Figura 01 ND: No determinado

Fuente: Carbajal et al, 2005

Elementos minerales del alga *Chondracanthus chamissoi*

Minerales	Composición
Fósforo	0.3518 %
Calcio	9.4148 %
Magnesio	12.6860 %
Cloruro de sodio	3.4646 %
Níquel	0.09 ppm
Molibdeno	0.30 mg/l
Fierro	0.16 ppm
Silicio	1.10 ppm

Figura 02 Fuente: Carbajal et. al, 2005

Las algas *Chondracanthus chamissoi* tienen su pared celular compuesta por una fibrilar concentrada de una matriz amorfa mucilaginosa. El elemento fibrilar más habitual es la celulosa. PLAZA, (2012) en su investigación menciona que “las algas marrones poseen una mejor capacidad de adsorción de metales a diferencia de las algas verdes y rojas” sin embargo existen otros estudios en el cual las algas marrones que han sido tratadas de distintas formas se logra mejorar la efectividad en la adsorción gracias a la existencia de grupos funcionales que tienen alta concentración electrónica: los flucooidanos y alginatos. Asimismo, los encargados de la adsorción son los alginatos en su gran mayoría.

Con respecto al banano (*Musa paradisiaca*); esta ofrece muchos beneficios útiles para el ser humano, cómo es el caso de la purificación del agua, fabricación de plásticos, entre otros beneficios (ELIZALDE, 2014).

El banano es de origen asiático meridional. El cultivo de éste se ha extendido en Sudamérica y Centroamérica, así también de África subtropical; siendo el sustento de alimentación de muchas poblaciones. El banano es uno de los principales cultivos de frutas del mundo. El fruto demora entre 80 y 180 días en crecer.

Cuando está calcinada suele utilizarse cómo tintura oscura o en la elaboración de detergente debido a su alto contenido en potasio. La pulpa y cáscara del banano presentan en su contenido principios activos contra hongos y bacterias.

Al analizar la cáscara se evidencia una transformación de su almidón a azúcares aproximada del 90 % en 12 días después de su cosecha. El contenido de azúcares en base seca ofrece valores alrededor de 14,6 %.

En la Composición química de la cáscara del banano, esta contiene un 13% de fibra en base seca: Sus componentes más importantes son: Lignina (60%), celulosa (25%) y hemicelulosa (15%). Además, tiene una fuerza de adsorción para la extracción de iones metálicos, específicamente para metales pesados presentes en el agua. Dicha absorción que presenta la cáscara del banano la define la presencia de lignina, sustancia que pertenece a la clase de

polímeros insolubles. El peso molecular de la cáscara de banano es elevado por la unión de varios ácidos y alcoholes (G.A. Y G. Julio, 2014).

Componentes	Promedio por 100gr
Proteínas	1.15
Almidón	56.6
Cenizas	1.52
Albumina	0.31
Hierro	0.01
Manganeso	0.1
Potasio	40
Fosforo	6.09
Calcio	0.2
Sílice	2.04
Cloro	1.11

Figura 03 Fuente (La química del banano, 2015)

Uso de cáscara de banano cómo agente absorbente de metales en aguas.

Después de haber usado cáscara de banano cómo componente para purificar aguas contaminadas llegó a la conclusión que las cáscaras de banano al combinarlas con aguas contaminadas la purifican de metales pesados (LATACUNGA, 2014). Una cantidad de 5 gr de materia por cada 100 de agua tiene la capacidad de purificarla en un 65%. Para poder realizar dicho tratamiento, la cáscara de banano puede ser utilizado cómo filtro o directamente puede ser agregada al agua contaminada. La cáscara de banano deberá haber pasado por un medio donde en primer lugar se la deshidrata luego debe ser micro pulverizada, tamizada y finalmente mezclada con el agua o utilizada cómo filtro.

Según las investigadoras, los procedimientos habituales no tienen la capacidad de remover completamente los residuos de los químicos. Para poder conseguir agua completamente potable, se requiere de un tratamiento complementario y de bajo costo que elimine los metales presentes.

La cáscara de banano es un remanente disponible y barato en nuestro entorno. Dentro de su composición podemos hallar carboxilo de pectina e hidroxilo, componentes que tienen la capacidad de absorción es muy alta ya sea de compuestos orgánicos y metales pesados. Las cargas positivas de los metales pesados tienden a ser adsorbidos por las moléculas negativas del polvo de la cáscara de banano.

Formulación del problema

¿De qué manera el alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) son eficientes en la reducción de Arsénico en aguas subterráneas en el centro poblado La Colorada del distrito de Mórrope?

Justificación del estudio

La presente investigación se justifica en el aspecto social porque permitió aplicar el alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) para reducir los niveles de Arsénico en aguas subterráneas del pozo IRHS54 del centro poblado La Colorada del distrito de Mórrope, para minimizar el problema que se viene observando, ya que estas aguas vienen siendo consumidas por los pobladores y que están afectando su salud y para contrarrestar dicho problema es pertinente realizar la presente investigación de tal manera que al utilizar el alga y el banano se reduzcan los niveles de Arsénico de una manera económica y puedan ser utilizadas en sus necesidades básicas.

En el aspecto ambiental la investigación permitió que las biomásas orgánicas que se obtienen del alga y cáscara de banano sean utilizadas con la finalidad de minimizar los niveles de Arsénico en aguas subterráneas del pozo IRHS54 del centro poblado La Colorada – Mórrope, de esta manera reducir el impacto negativo que se genera en dicha población, asimismo se podrá aprovechar los recursos acuáticos y también reaprovechar los residuos que se genera en los hogares y mercados provocando un impacto negativo al ambiente.

Científicamente la investigación nos permitió medir la efectividad del alga y la cáscara de banano para la adsorción de Arsénico, de esta manera se genera nuevos conocimientos basados

en los resultados obtenidos, para próximas investigaciones sobre temas de tratamientos en aguas subterráneas contaminadas con Arsénico.

La hipótesis de investigación quedó formulada así:

Ha: La utilización del alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) permitirá reducir los niveles de Arsénico en agua subterránea del pozo IRHS 54 del centro poblado La Colorada, distrito de Mórrope, 2019.

Ho: La utilización del alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) no permitirá reducir los niveles de Arsénico en agua subterránea del pozo IRHS 54 del centro poblado La Colorada, distrito de Mórrope, 2019.

Mientras que el Objetivo general se describe de la siguiente manera:

Determinar la eficiencia de la utilización del alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) en la reducción de Arsénico en aguas subterráneas del pozo IRHS 54 del Centro poblado La Colorada del distrito de Mórrope.

Del objetivo antes descrito se plantean los específicos:

Analizar los niveles de concentración de Arsénico y los parámetros físicos del agua del pozo IRHS54 (Inventario de Recursos Hídricos) del centro poblado La Colorada.

Obtener la biomasa natural a partir del alga y la cáscara de banano mediante las operaciones de secado, molienda y tamizado.

Determinar la eficiencia de la biomasa natural a partir del alga y cáscara de banano por separado mediante Prueba de Jarras y a diferentes dosis.

Determinar la eficiencia de la mezcla de las biomásas obtenidas del alga y la cáscara de banano mediante Prueba de Jarras y a diferentes dosis.

Evaluar los niveles de concentración de Arsénico del agua del pozo IRHS54 del centro poblado La Colorada después de haber aplicado los tratamientos.

Comparar los resultados con los parámetros establecidos en la normativa vigente del país.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

- Tipo de investigación: Experimental
- Diseño de investigación: Pre experimental

$$Ge: Ci \quad x \quad Cf$$

Dónde:

Ci = Niveles de concentración de Arsénico antes de aplicar el tratamiento

X = Tratamientos de alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*)

Cf = Niveles de concentración de Arsénico después de aplicar el tratamiento.

En la presente investigación se utilizó el diseño experimental con 10 dosis diferentes en cada tratamiento, teniendo un total de 30 unidades experimentales.

Tabla 1: *Diseño experimental*

DOSIS	ALGA	BANANO	A+B
6 gr	T1	T1	T1
5 gr	T1	T1	T1
4 gr	T1	T1	T1
3 gr	T2	T2	T2
2.5 gr	T2	T2	T2
2 gr	T2	T2	T2
1 gr	T3	T3	T3
0.75 gr	T3	T3	T3
0.5 gr	T3	T3	T3
0.25 gr	T4	T4	T4

Fuente: elaboración propia

2.2.1. Variables, Operacionalización

- Variable independiente:

Cascara de banano (*Musa Paradisiaca*)

Alga (*Chondracanthus chamissoi*)

- Variable dependiente:

Arsénico en aguas subterránea del pozo IRHS 54.

2.2. Población, muestra y muestreo.

2.2.1. Población.

La población fue el agua del pozo IRHS 54 del Centro Poblado La Colorada.

2.2.2. Muestra.

Fue de 20 litros de agua del pozo IRHS54 del Centro Poblado La Colorada.

2.2.3. Muestreo.

La zona de estudio es el centro poblado La Colorada, del cual se obtendrán las muestras de aguas subterráneas del pozo IRHS54 de captación de agua para la población de La Colorada ubicado en el distrito de Mórrope, región de Lambayeque.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.3.1. Técnica de recolección de datos.

2.3.1.1 *Técnica de campo, observación.*

Este procedimiento nos permitió observar el cambio que se produce luego de emplear los tratamientos para la obtención de datos y ser registrada para el análisis de datos.

2.3.1.2 *Técnica de recolección de muestra.*

La recolección de muestra de agua subterránea se realizó en el pozo IRHS54 del centro poblado La Colorada en el distrito de Mórrope, mediante galoneras para su posterior análisis.

2.3.1.3 *Técnica de análisis de laboratorio.*

El tratamiento y análisis se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo, mediante los equipos Multiparámetro, Turbidímetro y Prueba de Jarras.

2.3.1.4 Trabajo de gabinete.

En el cual se presenta la revisión bibliográfica obtenida de los repositorios de Universidades reconocidas, textos y fuentes de internet. Así mismo se interpretan los datos que se obtienen después de los análisis, de la misma manera se comparan estos datos con los que se obtuvieron de fuentes bibliográficas como: libros, informes, artículos y tesis; que nos ayudaron a generar las discusiones y conclusiones en la investigación.

2.3.2. Instrumentos, materiales y equipos de recolección de datos.

Materiales de campo

- Guardapolvo
- Guantes
- Mascarilla
- Agenda
- Cámara
- Molino
- Galonera

Materiales de laboratorio

- Vaso de precipitación de 750ml
- Papel filtro de 47 μm
- Tamiz (malla # 60)
- Calculadora
- Cuchara dosificadora
- Luna de reloj

Equipos

- Multiparametros
- Prueba de jarras PHIPPS & BIRD
- Equipo de filtración al vacío ROCKER 30
- Balanza analítica SARTORIUS
- pH metro HANNA
- Arsenic test MQuant™
- Estufa
- Turbidímetro
- pH-Fix 0-14 PT Macherey-Nagel

2.3.3. Validez.

Los resultados de los análisis de la investigación tienen validez por lo que se realizó en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo, y por lo tanto se determinan los parámetros físicos y químicos del agua antes y después del tratamiento.

2.4. Procedimiento

Método para la recolección de alga (*Chondracanthus chamissoi*)

El alga se recolecta en la playa de Santa Rosa en el distrito de Pimentel. Y se realizó de manera manual, mediante la técnica a pulmón (CARBAJAL, Wilmer y DE LA CRUZ, Jaime, et al 2005).

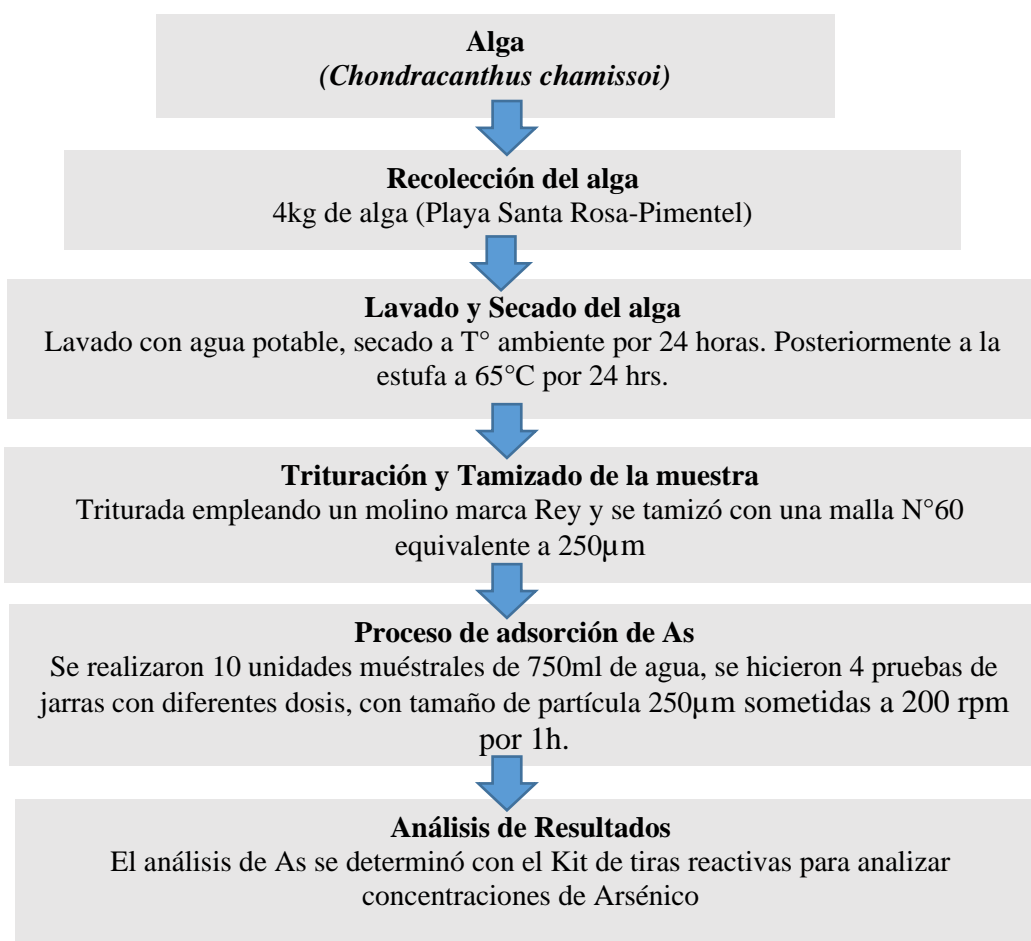


Figura 04: Proceso experimental del Alga.
Fuente: Elaboración propia

Método de recolección de la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*)

La cáscara de banano se recolectó de manera manual en el Mercado Moshoqueque del Distrito de José Leonardo Ortiz.

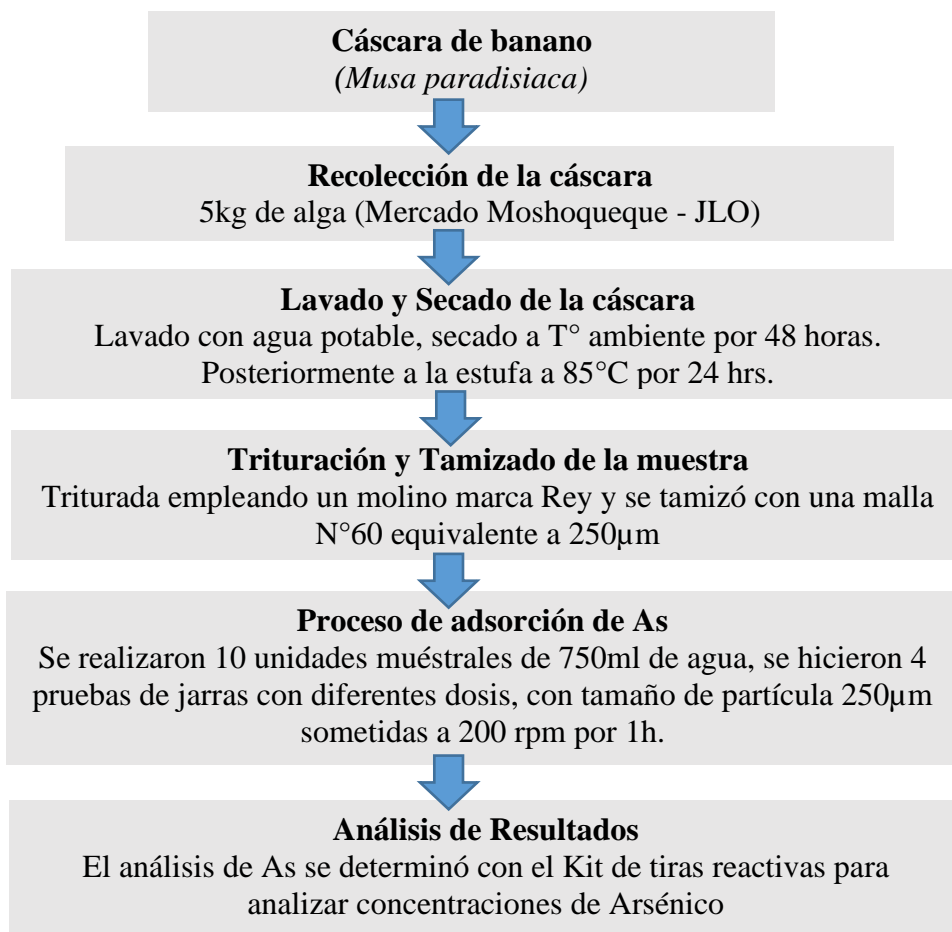


Figura 05: Proceso experimental del banano

Fuente: elaboración propia

2.5. Método de análisis de datos.

En esta investigación el análisis cuantitativo de los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico EXCEL, dando paso a realizar la interpretación de los resultados.

2.6. Aspectos éticos

Esta investigación se realizó con instrumentos y técnicas validadas, los usos de información adquirida de otros autores son respetadas. Teniendo en cuenta los valores y principios éticos, demostrando evidencia mediante fotografías en el transcurso del proyecto.

III. RESULTADOS

En el presente estudio de investigación se llevó a cabo el tratamiento experimental de adsorción de Arsénico con una concentración inicial de 0.10 mg/l, utilizando cómo adsorbente la biomasa del alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*). Los resultados de las unidades muestrales referidos a la concentración final de Arsénico se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 02. Concentraciones finales de Arsénico en (mg/l).

DOSIS	ALGA	BANANO	A+B
6 gr	0.025mg/l	0.025 mg/l	0.025 mg/l
5 gr	0.018 mg/l	0.018 mg/l	0.018 mg/l
4 gr	0.015 mg/l	0.015 mg/l	0.014 mg/l
3 gr	0.018 mg/l	0.018 mg/l	0.015 mg/l
2.5 gr	0.015 mg/l	0.015 mg/l	0.010 mg/l
2 gr	0.010 mg/l	0.010 mg/l	0.008 mg/l
1 gr	0.007 mg/l	0.006 mg/l	0.006 mg/l
0.75 gr	0.006 mg/l	0.006 mg/l	0.006 mg/l
0.5 gr	0.004 mg/l	0.004 mg/l	0.003 mg/l
0.25 gr	0.004 mg/l	0.003 mg/l	0.001 mg/l

Fuente: elaboración propia

En los siguientes gráficos se observa el comportamiento de las biomosas alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*). en los tratamientos, con diferentes dosis.

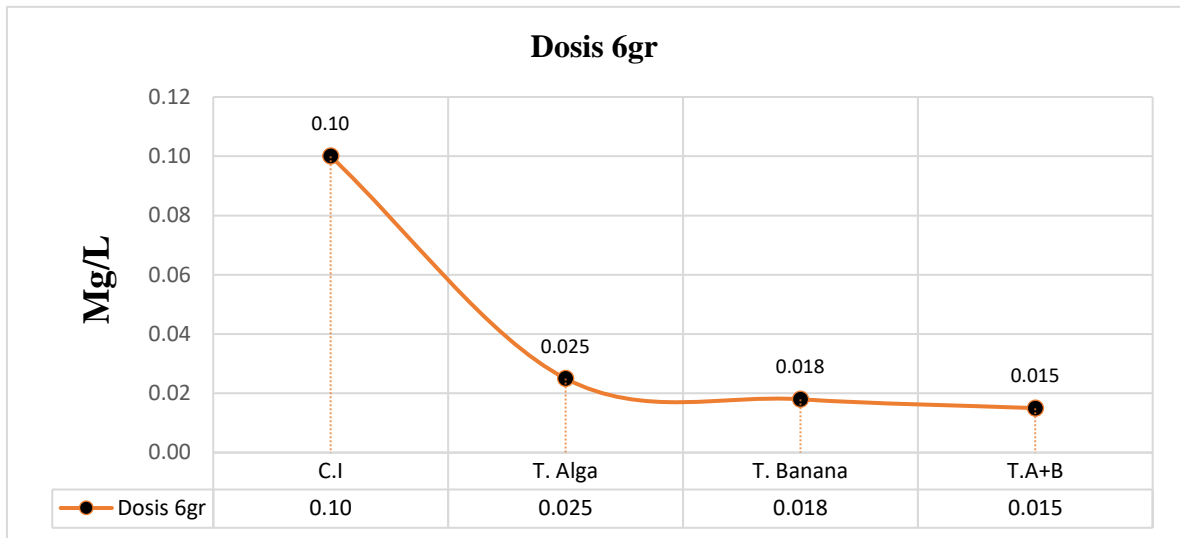


Figura 06: Tratamiento N°1 con dosis 6gr

En la figura N 06

Se observa la concentración inicial 0,10 mg/l de Arsénico y el tratamiento realizado con una dosis de 6gr. Con las diferentes biomásas, donde la cáscara de banano reduce las concentraciones a 0.018mg/l mientras que la mezcla es aún más eficiente al reducir a 0.015mg/l.

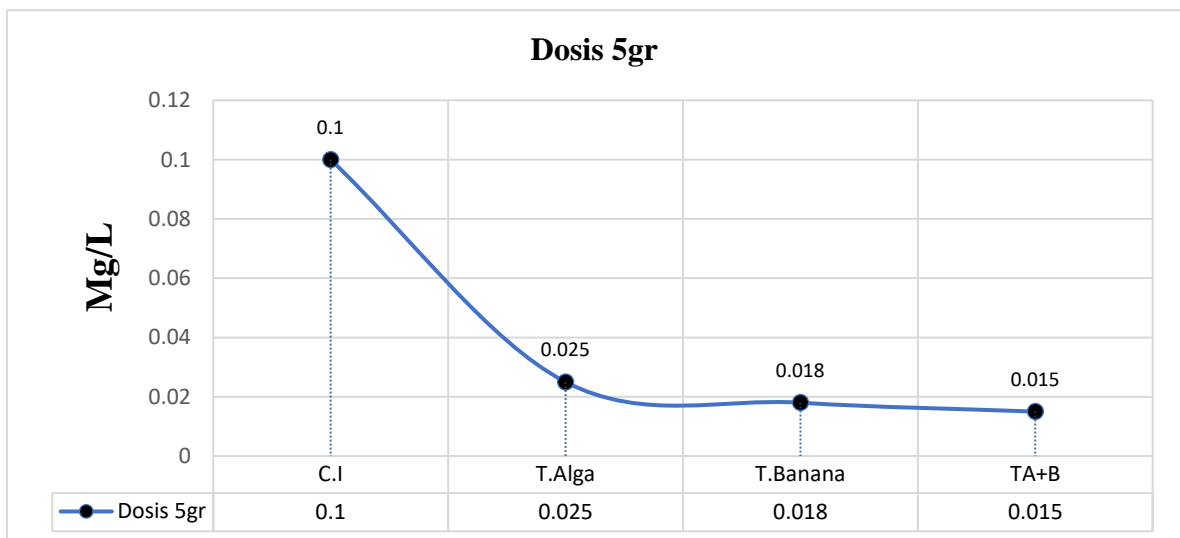


Figura 07: Tratamiento N°1 con dosis 5gr.

En la figura N°7

Se observa la concentración inicial de Arsénico 0,10mg/l y posterior mente la reducción de Arsénico empleando una dosis de 5gr. Donde se concluye que tiene el mismo comportamiento que la dosis anterior (Ver figura N°6).

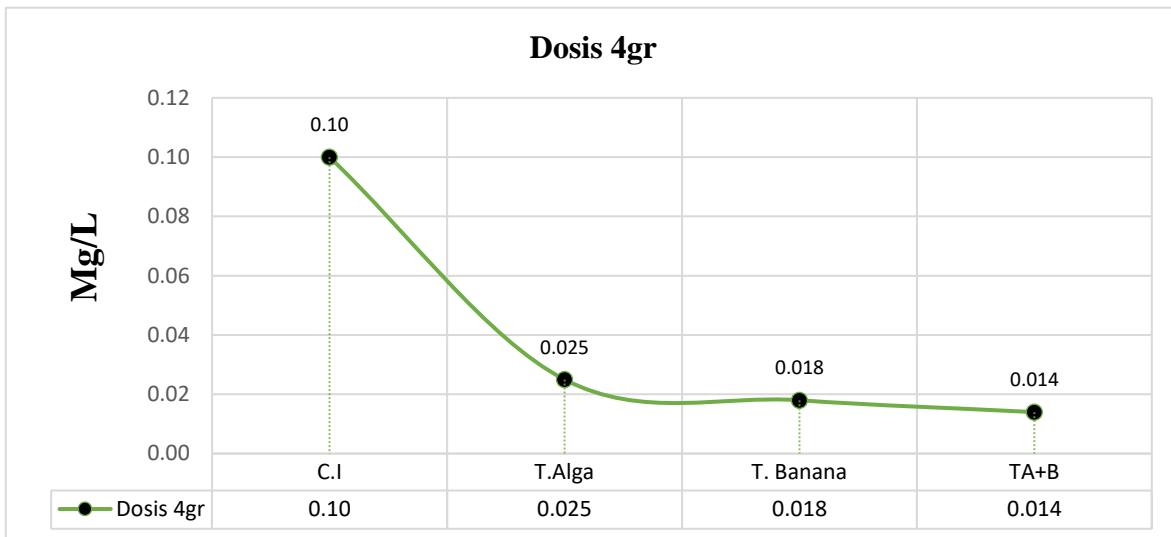


Figura 08: Tratamiento N°1 con dosis 4gr.

En la figura N°8

Se obtiene el mismo comportamiento en cuanto a las dosis anteriores aplicadas con respecto al Alga y Cáscara de banano, mientras que la mezcla de ambas tiene una adsorción más eficiente el cual reduce a 0.014mg/l.

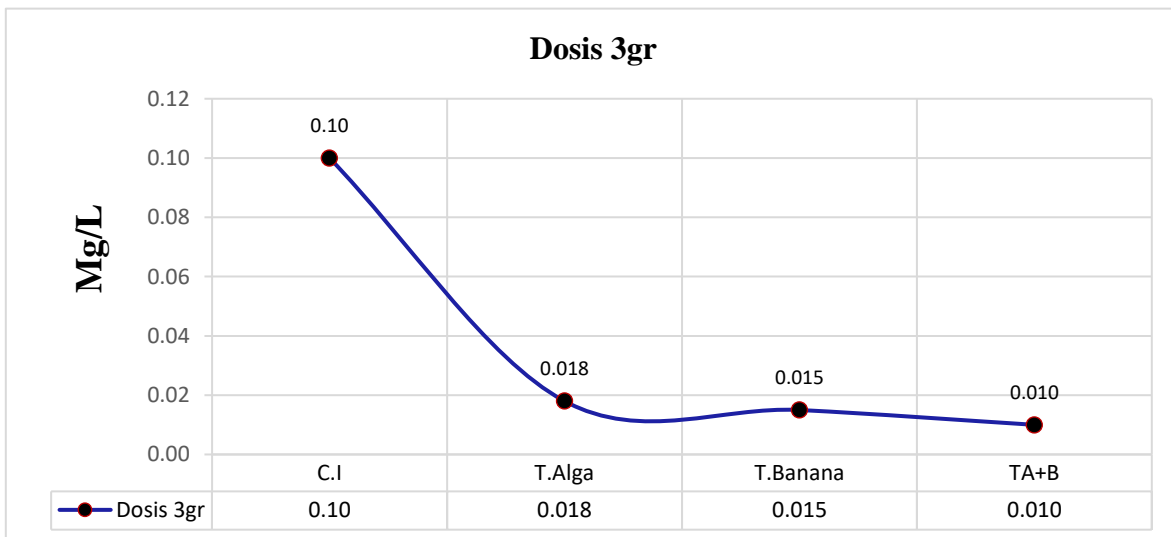


Figura 09: Tratamiento N°2 con dosis de 3gr.

En la figura N°09

Se muestra el tratamiento N°2 con una dosis de 3gr. Donde obtenemos que la biomasa de la cáscara de banano es un tanto más eficiente reduciendo a 0,015mg/l de Arsénico que la biomasa del alga, mientras que la mezcla de ambas es aún más eficiente en el cual la concentración reduce hasta 0.010mg/l de Arsénico.

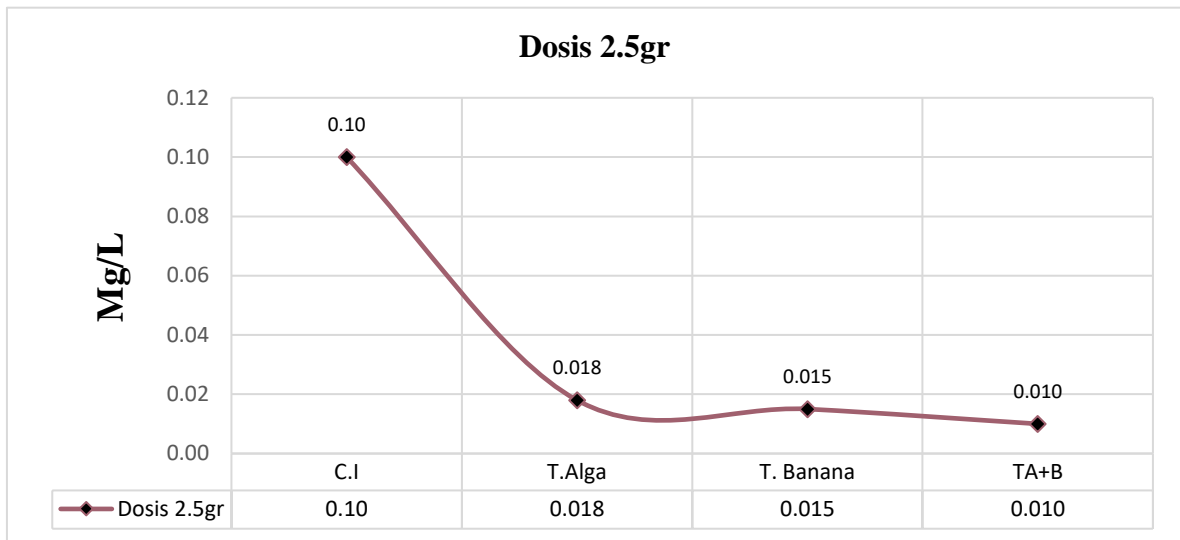


Figura 10 Tratamiento N°2 con dosis de 2.5gr.

En la figura N°10

Se observa que con la dosis de 2.5gr. se tuvo los mismos niveles de reducción con la dosis anterior (Ver figura 09).

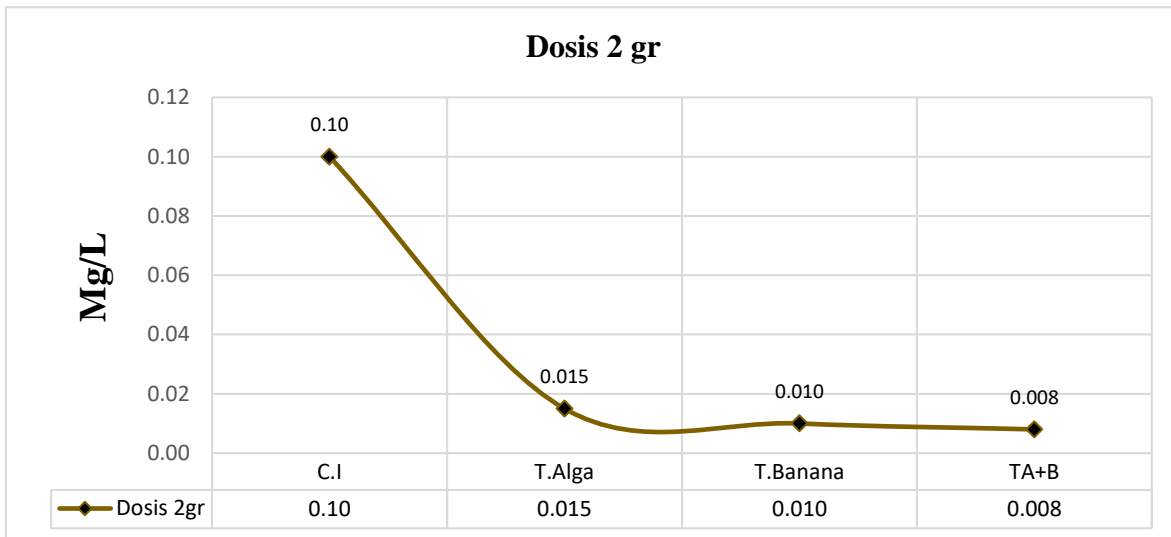


Figura 11: Tratamiento N°2 con dosis de 2gr.

En la figura N°11

Obtenemos resultados aún más eficientes ya que con la biomasa del alga se redujo a 0.015mg/l., cáscara de banana 0.010mg/l. y con la mezcla de ambas biomazas fue aún mejor la adsorción obteniendo una concentración de 0.008mg/l.

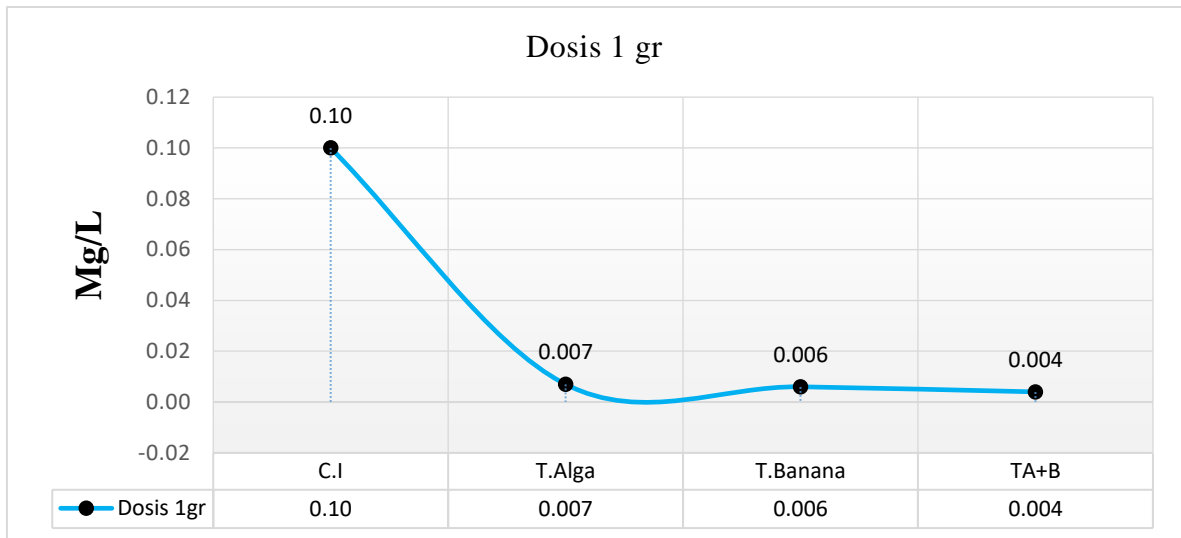


Figura 12: Tratamiento N°3 con dosis de 1gr.

En la figura N°12

Se observa que la reducción viene siendo más eficiente con la mezcla de las biomásas ya que con una dosis de 1gr. Se obtuvo una concentración de 0.004mg/l.

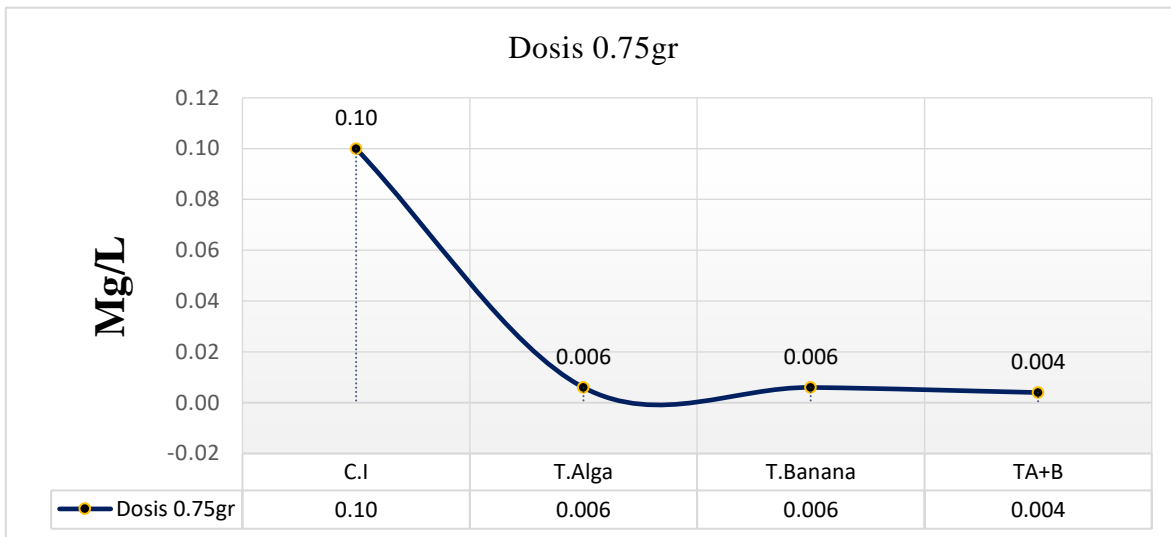


Figura 13: Tratamiento N°3 con dosis de 0.75gr.

En la figura N°13

Tenemos que con la mezcla de ambas biomásas se mantiene en una concentración de 0.004mg/l. utilizando una dosis de 0.75gr.

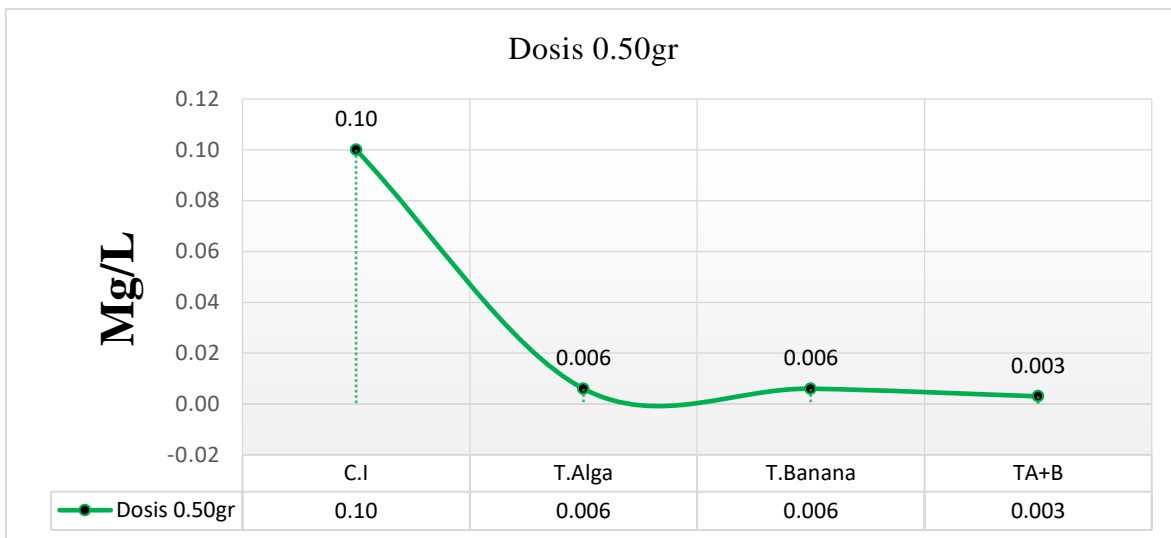


Figura 14: Tratamiento N°3 con dosis de 0.5gr

En la figura N°14

Se observa que con una dosis de 0.50gr. a partir de la mezcla de ambas biomásas se logró reducir a 0.003mg/l.

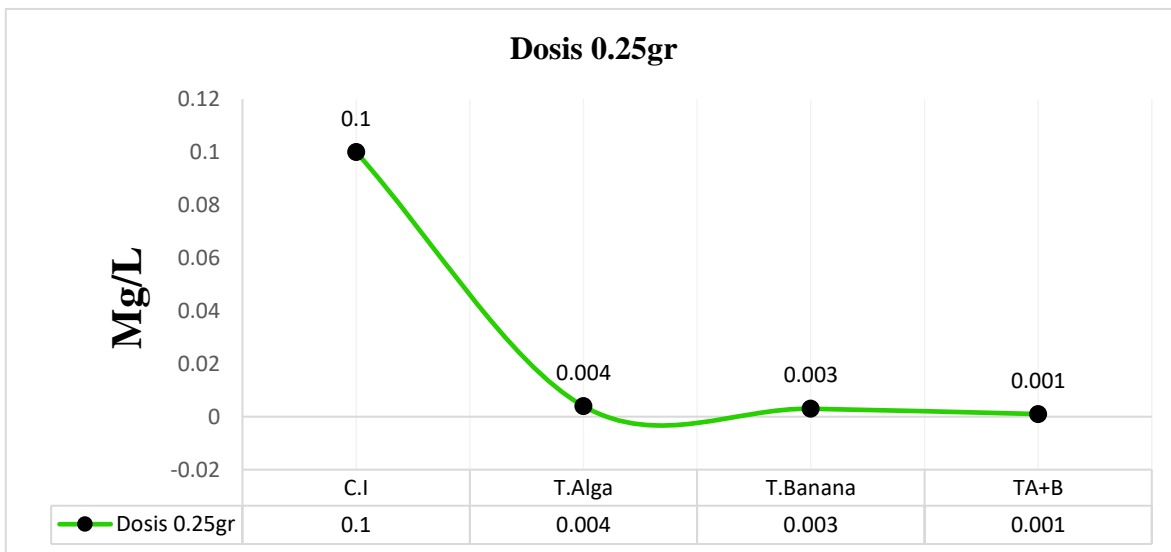


Figura 15: Tratamiento N°4 con dosis de 0.25gr

En la figura N°15

Se observa el último tratamiento realizado con una dosis de 0.25gr. el cual se concluye que el tratamiento más eficiente fue de la mezcla de ambas biomásas logrando obtener una concentración de 0.001mg/l. cómo se observa en la figura el indicador de concentración inicial fue de 0.10mg/l. en cuanto a lo estudiado y aplicado se obtiene una gran disminución ya que se llega a obtener un estándar apto para el consumo.

A continuación, se muestran cuadros comparativos en cuanto a las diferentes dosis aplicadas en cada tratamiento.

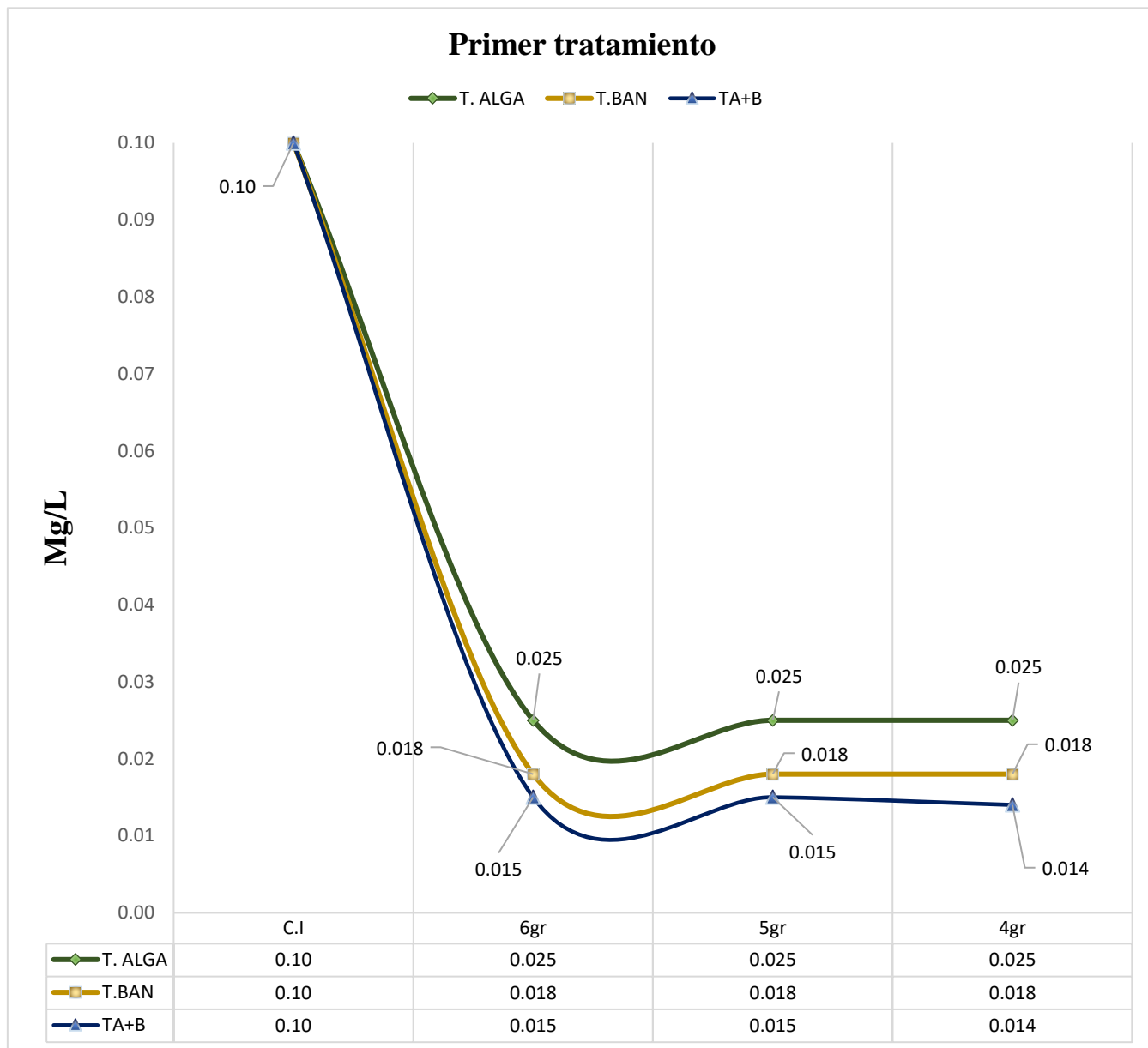


Figura 16: Tratamiento N°1 con dosis de 4, 5 y 6gr.

En la figura N°16

Se observa que la mezcla de las 2 biomásas es mucho más eficiente que las biomásas por separado, se tiene comprobado que en el primer tratamiento redujo de 0.10mg/l a 0.015mg/l con dosis de 6 y 5gr., mientras que con una dosis de 4gr. se redujo aún más logrando un resultado de 0.014mg/l, es decir que las biomásas juntas son mucho más eficientes.

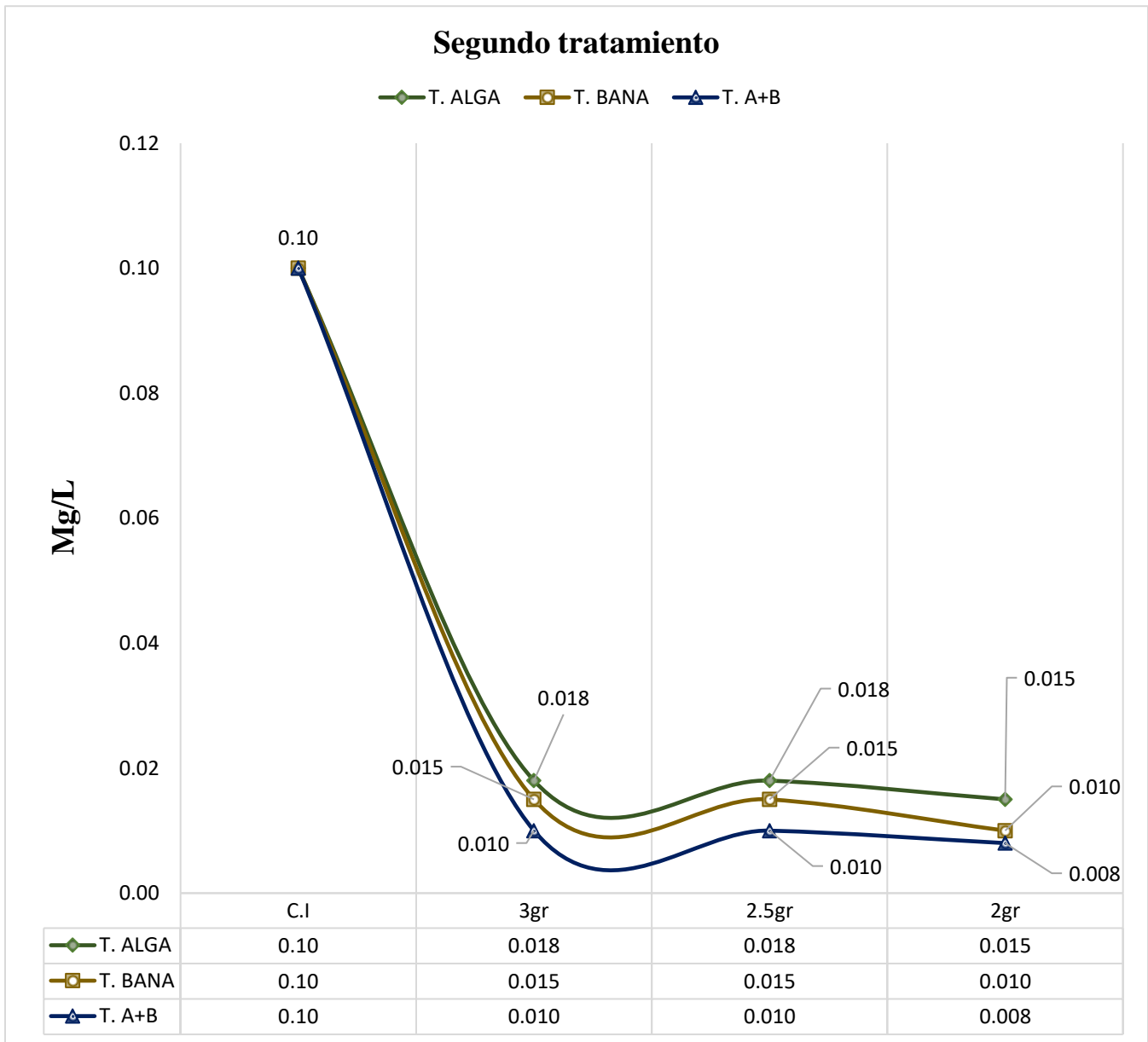


Figura 17: Tratamiento N°2 con dosis de 3, 2.5 y 2gr.

En la figura N°17

Se observa que la mezcla de las biomazas sigue siendo aún más eficiente ya que se obtuvo un resultado de 0.010mg/l con dosis de 3 y 2.5gr. y de 0.08mg/l con dosis de 2gr. Siendo éste un indicador que la adsorción es mucho más eficiente con la mezcla, por un tema de clarificación de agua se realizó más tratamientos con dosis aún menores.

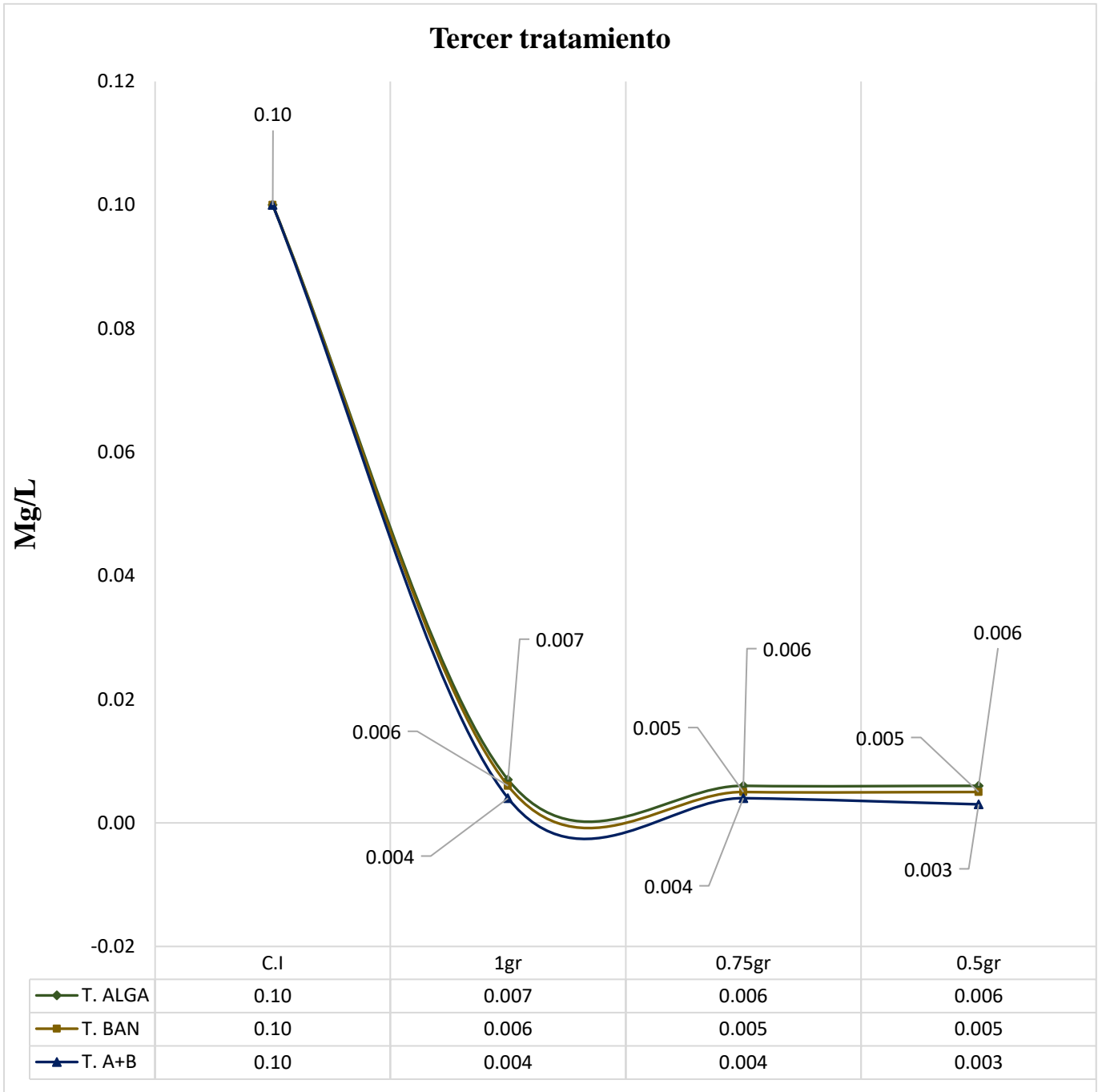


Figura 18: Tratamiento N°3 con dosis de 1, 0.75 y 0.5gr.

En la figura N°18

Se observa que los niveles de Arsénico disminuyen con más eficiencia en la mezcla de las biomazas ya que se obtuvo una concentración de 0.004 mg/l en dosis de 1 y 0.75gr. mientras que con dosis de 0.5gr. se tuvo como resultado una concentración de 0.003mg/l siguiendo con el tratamiento se realizó con una dosis menor para clarificar el agua.

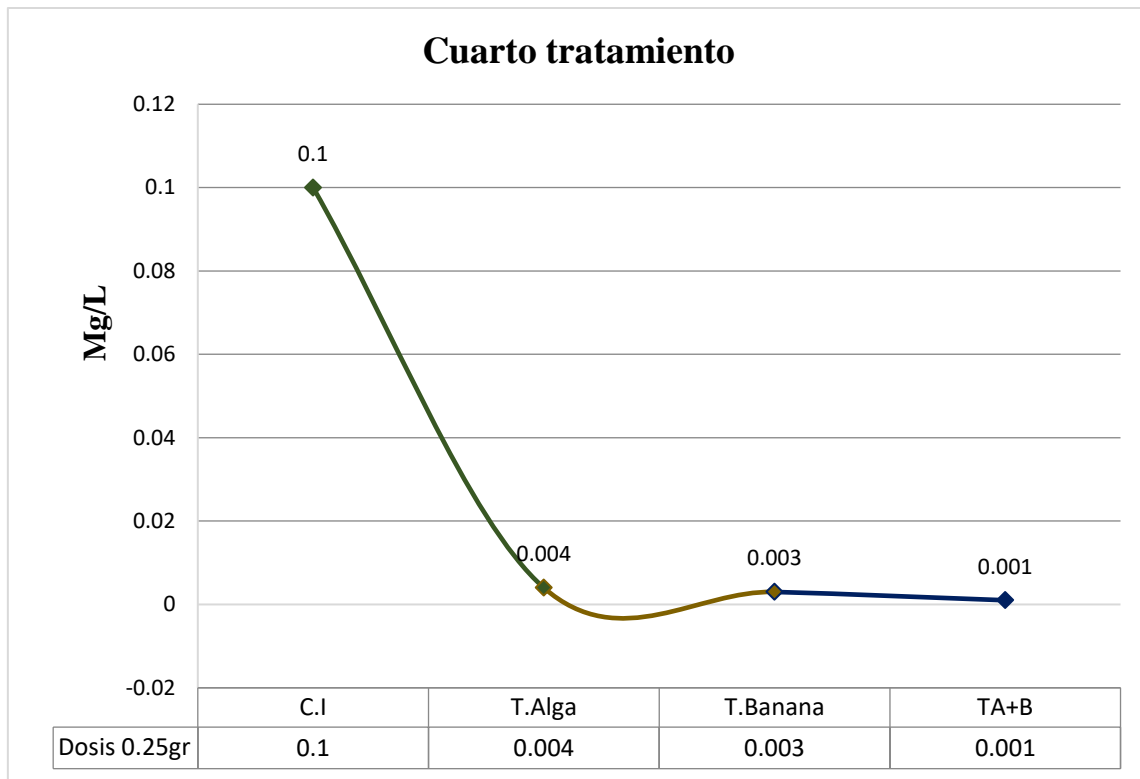


Figura 19: Tratamiento N°4 con dosis de 0.25gr

En la figura N°19

Se observa que con una dosis muy baja comparada con la inicial se obtuvo un resultado de adsorción muy eficaz en cuanto a la mezcla de las biomasas, ya que se logró llegar a la concentración mínima de 0.001mg/l.

A partir de los datos que se muestran en las figuras 16, 17, 18 y 19, se calcularon los porcentajes de adsorción.

Tabla 3: *Porcentajes de adsorción.*

DOSIS	ALGA	BANANO	A+B
6 gr	75%	75%	75%
5 gr	82%	82%	82%
4 gr	85%	85%	86%
3 gr	82%	82%	85%
2.5 gr	85%	85%	90%
2 gr	90%	90%	92%
1 gr	93%	94%	94%
0.75 gr	94%	94%	94%
0.5 gr	96%	96%	97%
0.25 gr	96%	97%	99%

Fuente: elaboración propia

En la tabla N°3

Se observa los porcentajes de adsorción de las diferentes dosis empleadas para cada tratamiento, en el cual obtenemos que el tratamiento más eficiente fue de la mezcla de las biomásas del alga y la cáscara de banano con una dosis de 0.25gr. y llegando a obtener un 99% de eficiencia en cuanto a la adsorción de Arsénico.

IV. DISCUSIÓN

Para la discusión de los resultados nos basamos en los objetivos específicos, para el primer objetivo: Identificar los niveles de concentración de Arsénico y los parámetros físicos del agua del pozo IRHS 54 del centro poblado La Colorada, los cuales que, al realizar los análisis respectivos, dieron como resultado que los estándares en los que se encontraban no eran aptos para el consumo humano, ya que la concentración era alta llegando a determinar 0,10 mg/l de Arsénico.

En el segundo objetivo se obtuvo la biomasa natural a partir del alga y la cáscara de banano mediante las operaciones de secado, molienda y tamizado; con respecto al tamaño se comprueba que, a menor tamaño de partícula, más eficiente en la adsorción, según GARCÉS Jaraba, COAVAS Romero (2012). En su estudio llevando a cabo concluyeron que, al bajar el volumen de partícula de la biomasa, la aptitud de adsorción incrementa consiguiendo los especiales porcentajes de adsorción, ya que se utilizó la malla 16 por ser la más pequeña que estaba a nuestro alcance.

Con respecto al tercer objetivo: Determinar la eficiencia de la biomasa natural a partir del alga y cáscara de banano por separado mediante prueba de jarras y a diferentes dosis; al realizar las pruebas se encontró que las concentraciones de Arsénico han reducido en gran cantidad tal como lo afirma CUIZANO, N. y NAVARRO, A. (2008), Donde menciona que las algas marinas componen un biosorbente para la supresión de metales pesado por la existencia de grupos funcionales con elevada consistencia eléctrica como alginatos y fucoidanos. De las cuales los alginatos son los causantes de la biosorción teniendo en cuenta que es un prototipo eficaz para la adsorción y la eliminación de metales pesados en soluciones acuosas.

En el cuarto objetivo: Determinar la eficiencia de la mezcla de las biomasas obtenidas del alga y la cáscara de banano mediante prueba de jarras, se comprobó que el tratamiento con la mezcla de ambas biomas es mucho más eficiente que el tratamiento con biomasas por separado, por ende, es una alternativa de solución viable para reducir concentraciones de Arsénico presente en el agua.

Se discute lo dicho por CCENCHO, S. (2018) la biomasa seca de cáscara de plátano fue uno de los insumos indispensables, puesto que se ha podido conseguir el propósito de descontaminar el agua. Logrando la bioadsorción de Arsénico de 0.10 mg/l a 0.0827 mg/l el autor refiere que la dosis optima y tamaño de partícula fue de 5mg/ 0.5 L y con un número de malla – 18 respectivamente, no se concuerda con lo dicho ya que se debe tener en cuenta la dosis con respecto al color de agua, ya que la dosis de 5mg / 0.5 L es muy y se pretende obtener con los estándares de calidad óptimos para el consumo.

Respecto al quinto objetivo: Evaluar los niveles de concentración de Arsénico en las aguas subterráneas del pozo IRHS 54 del centro poblado La Colorada después de haber aplicado los tratamientos, al realizar la comparación de resultados y búsqueda del tratamiento más eficiente fue la mezcla de las biomasas con el alga y la cáscara de banano con una dosis de 0.25 gr. (0.15gr. biomasa de alga y 0.10 biomasa de cáscara de banano) ya que los estándares que se muestra son los más óptimos para el consumo.

V. CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis para identificar los niveles de concentración de Arsénico en el agua del pozo IRHS 54 del centro poblado La Colorada se encontraba en 0.10mg/l. El cual indica que se encuentra fuera de rango de los estándares de calidad ambiental, pH 8.3, Temperatura de 25°C, Turbidez de 1.43UNT, Sólidos disueltos totales 374ppm y Conductividad Eléctrica de 2350 us/cm.
2. Se logró obtener la biomasa a partir del alga y la cáscara de banano lo más pequeño posible, obtenido un tamaño de 250µm el cual nos ayudó a obtener resultados eficientes en cuanto a la adsorción ya que se obtuvo una reducción del 99% del material pesado presente en el agua.
3. Se concluye que la biomasa tanto del alga y la cáscara de banano influyen positivamente en la adsorción de Arsénico como biosorbente, el cual es una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas con dicho metal, cabe mencionar que durante el desarrollo del estudio el tratamiento que fue más eficiente con la biomasa de la cáscara de banano en el cuarto tratamiento y con una dosis de 0.25gr. en el cual se logró reducir un 97% obteniendo un resultado de 0.003gr/l. en cuanto a la concentración de Arsénico, pH 7, Temperatura 23°C, Turbidez 0.75 UNT, Sólidos disueltos totales 659ppm, conductividad eléctrica 1317us/cm. mientras que el tratamiento con biomasa de alga se logró reducir en un 96% con una dosis de 0.25gr. obteniendo un resultado de 0.004mg/l. respecto a la concentración de Arsénico, pH 8, Temperatura 22°C, Turbidez 1UNT, Sólidos disueltos totales 750ppm, Conductividad Eléctrica 1502 us/cm.
4. Se logró determinar que la mezcla de las biomásas del alga y la cáscara de banano es mucho más eficiente ya que en el cuarto tratamiento realizado con una dosis de 0.25gr. (biomasa del alga 0.15gr. y biomasa de cáscara de banano 0.10gr.) se logró adsorber el 99% de las concentraciones de Arsénico presente en el agua por consiguiente es viable, de bajo costo para su implementación, como se muestra en la investigación.

5. Se concluyó que después de haber realizado los tratamientos, los niveles de concentración de Arsénico en el agua de pozo IRHS 54 han sido reducidos en un 99% y la concentración final es de 0.001mg/l., pH 7, Temperatura 23°C, Turbidez 0.70 UNT, Solidos disueltos totales 777ppm, Conductividad Eléctrica 1554us/cm lo cual indica que el tratamiento realizado es eficiente.

6. Se revisó los Estándares de Calidad del Agua establecidos por el Ministerio del Ambiente y se comparó con los resultados obtenidos con el tratamiento más eficiente, el cual indica que está dentro de los estándares y por ende es apto para el consumo humano.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las autoridades locales y regionales, se tome en cuenta la problemática en cuanto a la contaminación del agua ya que es de gran magnitud y los niveles de concentración de Arsénico son muy altos, por ello se afirma que no es apto para el consumo humano ya que en los próximos años van a seguir teniendo consecuencias en los pobladores del lugar.
2. Profundizar más en el estudio de la dosis y tener en cuenta el calor del agua al utilizar las biomásas.
3. Realizar un pre tratamiento al alga (*Chondracanthus chamissoi*) con al menos uno de estos reactivos: CaCl₂, NaCl; NaOH 0.1N, HNO₃ o HCl, de esta manera para mejorar la capacidad de adsorción, pudiendo llegar a un 100% de eficiencia.
4. Tener en cuenta el tiempo que se mantiene el agua después de haber sido muestreada, es recomendable no añadir ningún tipo de conservante para no alterar los parámetros al analizar.

REFERENCIAS

Angela Valdivia (29 abril, 2019)- <https://larepublica.pe/sociedad/1459088-lambayeque-presencia-agua-contaminada-arsenico-persiste-2016-morrope-pcm-contaminacion-plomo-video/>

CCENCHO Mercado, Susan. Uso de biomasa seca (*cáscara de plátano*) como bioadsorbente de Arsénico en agua subterránea, Cruz del Médano, Mórrope, Lambayeque, a nivel laboratorio – 2018

Collazos, C. M., & Montaña, X. J. (2012). *Manual de Agua Subterráneas*. Montevideo, Uruguay. M.G.A.P. / P.P.R.

CONDE, Cruz, et al. Cáscara de plátano como adsorbente de metales pesados 3er Congreso Nacional de investigación en Cambio Climático por México: Universidad Tecnológica de Puebla. 2014.

CUIZANO Norma, NAVARRO Abel. Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. Vol1 104. n° 2 (2008) 120 -125

ESCALERA, Ramiro y ORMACHEA, Mauricio. Hidroquímica de la presencia natural de Arsénico en agua subterránea de áreas suburbanas de Cochabamba Bolivia y evaluación de la viabilidad técnica de procesos de remoción 2017.

Fernández, C, A. (2012, diciembre). El agua un recurso esencial, 11, 147 – 170

GAMARRA Sonco, Fernando. Evaluación del uso de cáscara de banano (*Musa paradisiaca sp.*) para la descontaminación del agua con metales pesados de la cuenca de Milluni - La Paz. Tesis (Grado) Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, facultad de ingeniería agronómica 2014.

GARCÉS Jaraba, Luz Ercilla y COAVAS Romero, Susana Cecilia. Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) Modificada con Quitosano para la

remoción de Cromo (VI) en aguas residuales. Tesis (Grado). Universidad de Cartagena, Facultad de ingenierías 2012

GONZALES Jimenez, Alejandro Eder y GUERRA Moreno, Julio Cesar. Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre la adsorción de plomo (Pb) y zinc (Zn) con cáscara de plátano (*Musa Sapientum*), en las aguas residuales de laboratoios de análisis químico. Tesis (Grado). Peru: Universidad Nacional de Trujillo, Escuela Academico Profesional de ingenieria metalurgica. 2016.

GUTIÉRREZ Benítez, Omar [et al]. Potencialidades de un biosorbente algal para la remoción de metales pesados. *Tecnología Química*. 34 (1): 282-294. Abril 2014. ISSN: 2224-6185

G. A. y. G. Julio, «Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre plomo y zinc con cáscara de platano,» Trujillo, 2014.

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto; FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 5ª ed. México D.F. 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9

Kuyucak N. &Volesky B. Accumulation of cobalt by marine alga. *Biotechnology and Bioengineering*. 2008.Pág. 809-814.

Litter M. I., A. M. (2010). IBEROARSEN Tecnologías económicas para el abatimiento de Arsénico en *el agua*. Buenos Aires, Argentina, Argentina: CYTED.

Memon J., Memon S., Bhangar M., El-Turki A., Hallam K., Allen G. (2009). Banana peel: A green and economical sorbent for the selective removal of Cr(VI) from industrial wastewater. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 70. pp. 232–237.

Otaíza, R, D Y Cáceres. Manual de una técnica para el repoblamiento de chicoria de mar, *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kutzing (Rhodophyta, Gigartinales), en praderas naturales, Región del Biobío. Proyecto FONDEF-HUAMAM AQ1210004. (2015) p.40

PLAZA, Josefina. Remoción de metales pesados empleando algas marinas. Tesis (Doctora química). Argentina. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Exactas. 2012, p.166.

P. R. A. Alexander, «DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FILTRACIÓN QUE TIENE LA CÁSCARA DE PLATANO,» LATACUNGA, 2014.

P. R. Elizalde, «Repositorio Universidad de Machala,» 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1579/7/CD00006-TESIS.pdf>.

QUIÑONES Edgar, TEJADA Candelaria y RUIZ Víctor. Remediación de aguas contaminadas con cromo utilizando diferentes biomateriales residuales. *Revista Ciencias e Ingeniería al día*. 9 (1): 25-42. Enero-junio, 2014. ISSN: 1900-768X e ISSN: 2357-5409

ROCCA, Evelyn. Remoción de plomo (Pb) con la cáscara de plátano de seda *Musa paradisiaca*, en aguas contaminadas, a nivel de laboratorio. Tesis (Título profesional de Ingeniería Ambiental). Lima. Universidad Cesar Vallejo, Ingeniería Ambiental y arquitectura Vallejo. 2015, p.62.

RODRIGUEZ Flores Katerine J. Eficiencia de tres variedades de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) para la remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas a nivel laboratorio, Sjl – 2017.

ROMERO, Hugo, AYALA, Humberto y LAPO, Bryon. Efecto de tres pretratamientos de cáscara de banano para la obtención de jarabe glucosado mediante hidrólisis enzimática, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. 20 de abril del 2015.

Smedley, P. L. (2002). A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17, 517-568.

TAMAYO y Tamayo Mario. El proceso de la Investigación Científica. 4a ed. México: Limusa, S.A., 2003. 440p. ISBN: 968-18-5872-7

TRELLES Bautista, Jesus A. Biosorción de Arsénico en medio acuoso empleando biomasa vegetal inerte. Tesis (Maestría) Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental. 2013.

Schiewer S. Multi-metal ion exchange in biosorption, Ph.D. Thesis, McGill University, Montreal, Canadá. 2008.

VIDAL, Lida y Ryan, Carolina, 2015. Chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*): Situación perspectivas, Innova Chile de CORFO, cod 13brp2-22126. 75.

ANEXOS

Anexo 1. Galería Fotográfica.



Visita al Municipio del Centro Poblado La Colorada para la entrevista pertinente con el Alcalde y así facilitarnos el acceso al pozo IRHS 54 y obtener la muestra.



Extracción de agua del pozo IRHS 54 La Colorada -Morrope



Determinación de Arsénico sin tratamiento concentración inicial



Ubicación de la playa Santa Rosa – Pimentel donde se ha extraído la Alga (*Chondracanthus chamissoi*)



Lavado y secado a temperatura ambiente de alga (*Chondracanthus chamissoi*).



Pesado de la cascara de banano (*Musa paradisiaca*)



Secado de la cascara de banano (*Musa paradisiaca*)



Secado en la estufa las dos biomasas (*Musa paradisiaca*) y (*Chondracanthus chamissoi*)



Trituración de alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*)



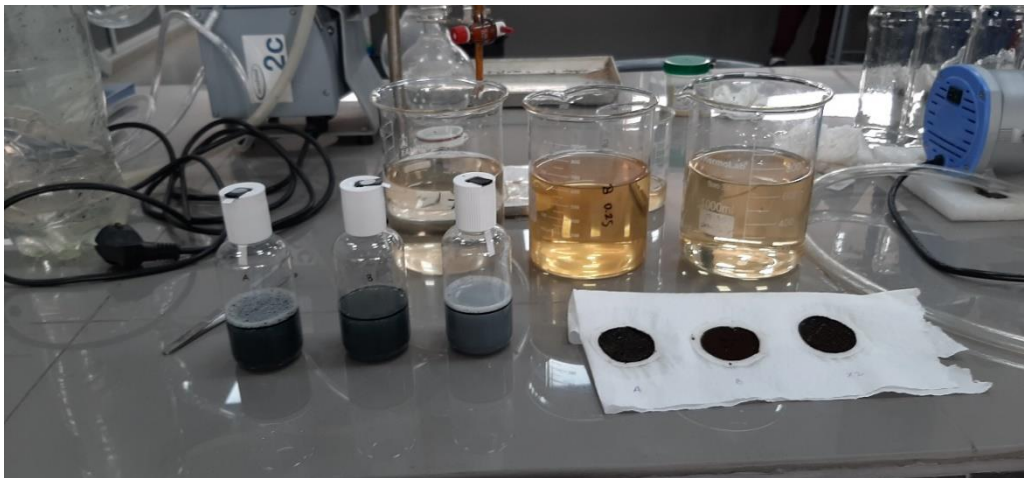
Tamizado de ambas biomásas (*Chondracanthus chamissoi*) y (*Musa paradisiaca*)



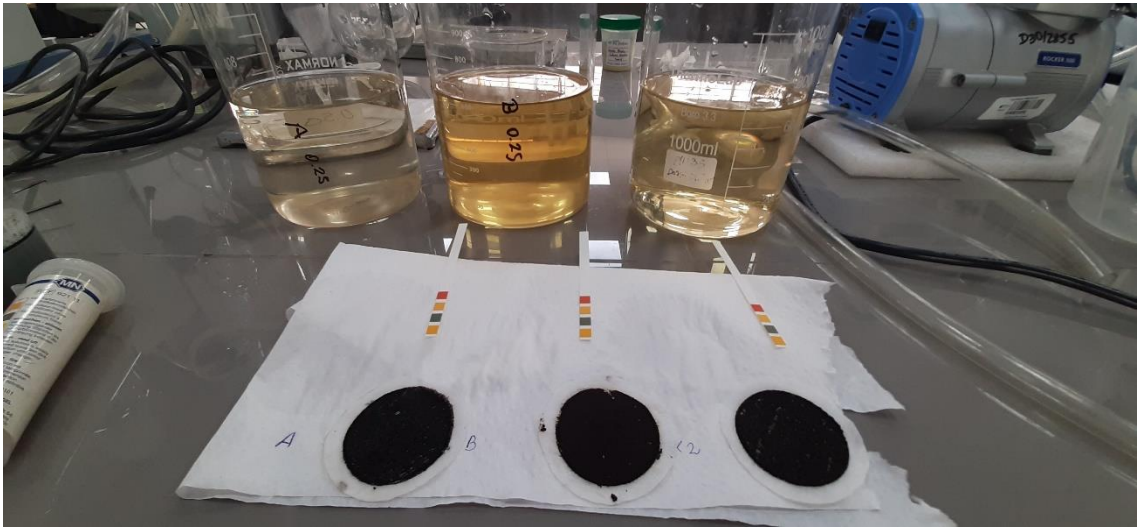
Pesado de ambas biomásas (*Chondracanthus chamissoi*) y (*Musa paradisiaca*)



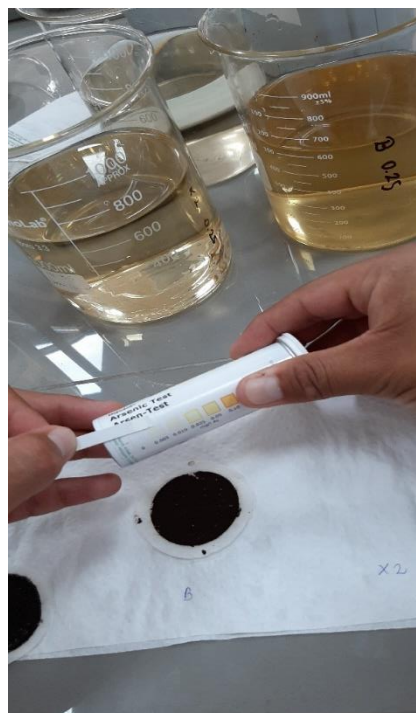
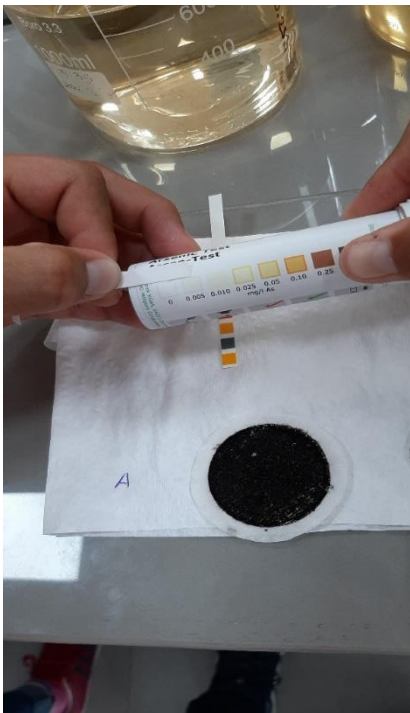
Prueba de jarras con el tratamiento del alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*.)



Obtención de resultados después de aplicar los tratamientos con alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*).



Obtención de resultados después de aplicar los tratamientos con alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*)



Obtención de resultados después de aplicar los tratamientos con alga (*Chondracanthus chamissoi*) y cáscara de banano (*Musa paradisiaca*).

Anexo 2. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
VARIABLE INDEPENDIENTE	CÁSCARA DE BANANO (<i>Musa paradisiaca</i>)	El banano posee muchas propiedades nutritivas, así como también propiedades medicinales, asimismo se ha revelado que es útil para distintas actividades tales como purificación de agua, alimentación animal, etc. Todo ello gracias a la composición de la cáscara. ROMERO, Hugo, AYALA, Humberto y LAPO, Bryon. (2015).	Las cáscaras de banano y el alga pasarán por las etapas de secado, molido y tamizado para obtener el almidón en forma de polvo que será utilizado como adsorbente natural.	Características de la cáscara de banano (<i>Musa paradisiaca</i>).	Dosis (mg/l)	Intervalo
	ALGA (<i>Chondracanthus chamissoi</i>)	El alga (<i>Chondracanthus chamissoi</i>) también conocida como “cochayuyo”, es una variedad natural en la Costa del Pacífico Sur, divididos de Paita hasta Chiloé que está ubicado en Chile. (VIDAL, Lidia y RYAN, Carolina, 2015).		Características del alga (<i>Chondracanthus chamissoi</i>)	Dosis (mg/l)	
VARIABLE DEPENDIENTE	ARSENICO EN AGUAS SUBTERRANEAS DEL POZO IRHS 54	La concentración de Arsénico en pozos con profundidad mayor a 50 metros suele estar distribuidas heterogéneamente, incluso en zonas muy pequeñas tienen alta variabilidad. Este tipo de comportamiento es muy frecuente en acuíferos con rocas sedimentarias muy variables, sedimentos fluvio-lacustres en los que por lo general el Arsénico se encuentra mezclado con minerales de hierro los cuales se encuentran de forma heterogénea y distribuida en diferentes capas de arcilla, limo y/o arena. ESCALERA, R. y ORMACHEA, M., (2017)	Mediante la utilización de biomasa seca (alga y cáscara de plátano) a diferentes dosis adsorbe el Arsénico presente en las aguas del pozo subterráneo IRHS54 del Centro Poblado La Colorada.	Concentración de Arsénico	-Concentración inicial mg/l -Concentración final mg/l	Intervalo
				Factores de operación	-pH -Conductividad -Tiempo -Velocidad	

Anexo 3. Resultados de Análisis.




LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Físicoquímico
USUARIO : Monsalve Fernández, Crísthian Raúl
Pairazaman Iberico, Joselyn Vanessa
PROYECTO : UTILIZACIÓN DEL ALGA (*Chondracanthus chamissoi*) Y CÁSCARA DE
BANANO (*Musa paradisiaca*) EN LA REDUCCIÓN DE ARSÉNICO EN
AGUAS SUBTERRÁNEAS LA COLORADA-MÓRROPE
N° DE MUESTRA : 04
FECHA DE EMISIÓN : 11 de diciembre del 2019

Condiciones para la adsorción de arsénico, usando el equipo de prueba de jarras Phipp y Bird

N° MUESTRA	DOSIS	RPM	TIEMPO	EQUIPO
01	6 gr	200	60 min	Prueba de jarras
02	5 gr	200	60 min	Prueba de jarras
03	4 gr	200	60 min	Prueba de jarras
04	3 gr	200	60 min	Prueba de jarras
05	2.5 gr	200	60 min	Prueba de jarras
06	2 gr	200	60 min	Prueba de jarras
07	1 gr	200	60 min	Prueba de jarras
08	0.75 gr	200	60 min	Prueba de jarras
09	0.5 gr	200	60 min	Prueba de jarras
10	0.25 gr	200	60 min	Prueba de jarras

 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



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Físicoquímico
 USUARIO : Monsalve Fernández, Cristhian Raúl
 Pairazaman Iberico, Joselyn Vanessa
 PROYECTO : UTILIZACIÓN DEL ALGA (*Chondracanthus chamissoi*) Y CÁSCARA DE
 BANANO (*Musa paradisiaca*) EN LA REDUCCIÓN DE ARSÉNICO EN
 AGUAS SUBTERRÁNEAS LA COLORADA-MÓRROPE
 N° DE MUESTRA : 04
 FECHA DE EMISIÓN : 11 de diciembre del 2019

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	ECA	MUESTRA 01 SIN TRATAR	UNIDAD	EQUIPO
01	PH	6.5-8.5	8.3		PHMETRO
	TEMPERATURA	Δ3	25.16	°C	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
	TURBIDEZ	-	1.43	UNT	TURBIDÍMETRO
	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	374	ppm	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1500	2350	us/cm	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO

Valores iniciales de la muestra IRHS54, antes de aplicar el tratamiento con las biomasas

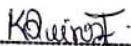
N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	ECA	MUESTRA 02 TRATAMIENTO CON ALGA 0.25 gr	UNIDAD	EQUIPO
02	PH	6.5-8.5	8		PHMETRO
	TEMPERATURA	Δ3	22.96	°C	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
	TURBIDEZ	-	1	UNT	TURBIDÍMETRO
	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	750	ppm	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1500	1502	us/cm	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO



N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	ECA	MUESTRA 03 TRATAMIENTO CON CÁSCARA DE BANANO 0.25 gr	UNIDAD	EQUIPO
03	PH	6.5-8.5	7		PHMETRO
	TEMPERATURA	Δ3	23.66	°C	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
	TURBIDEZ	-	0.75	UNT	TURBIDÍMETRO
	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	659	ppm	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1500	1317	us/cm	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	ECA	MUESTRA 04 TRATAMIENTO CON ALGA (0.15 gr) MÁS CÁSCARA DE BANANO (0.10 gr)	UNIDAD	EQUIPO
04	PH	6.5-8.5	7		PHMETRO
	TEMPERATURA	Δ3	23.6	°C	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
	TURBIDEZ	-	0.70	UNT	TURBIDÍMETRO
	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	777	ppm	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO
	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1500	1554	us/cm	MEDIDOR MULTIPARÁMETRO

UNIVERSIDAD CESAR 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

Scanned with