

# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL



## TESIS

**“REMOCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE EL USO DEL  
BIOFILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE CÁSCARA  
DE MANZANA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS  
SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA EL CONSUMO  
HUMANO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN MARCOS  
DE LA AGUADA, MALA, LIMA 2019”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

## TESISTA

**Bach. Henry Alejandro, CALDERON MARAVI**

## ASESOR

**Ing. María Vanessa, CUBA TELLO**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2019**



# UNIVERSIDAD DE HUANUCO

## Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:50 horas del día 28 del mes de noviembre del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. Cristian Joel Salas Vizcarra (Presidente)  
Mg. Elmer Riveros Asjero (Secretario)  
Ing. Marco Antonio Torres Marquina (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 1362-2019-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada:

„ REMOCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE EL USO DEL BIOFILTRO DE CARBÓN  
ACTIVADO A BASE DE CÁSCARA DE MANZANA PARA EL TRATAMIENTO DE  
AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA  
COMUNIDAD CAMPESINA SAN MARCOS DE LA AGUADA, MALA, LIMA 2019

.....”, presentada por el (la) Bachiller Henry Alejandro Calderon Maravi, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental

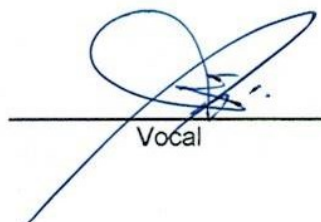
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) aprobado por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 17 y cualitativo de muy bueno (Art. 47)

Siendo las 17:30 horas del día 28 del mes de noviembre del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## **DEDICATORIA**

*Dedico el presente trabajo de investigación a Dios por guiarme por el camino correcto y a mis padres Miguel Guadalupe Díaz y Mercedes Maravi Ramos por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.*

*A mis hermanos Yanela Yeditza y Josué Ángel por su compañía, por su apoyo, por ser mi fortaleza y mi inspiración para seguir cumpliendo mis metas trazadas y lograr ser un buen profesional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por estar a mi lado acompañando en este camino, para la realización de mi tesis de investigación, gracias a él tengo salud, fuerza y empeño para seguir avanzando y creciendo como persona y profesional.

Agradezco a la Universidad de Huánuco por permitirme formarme en ella, inculcándome valores, brindándome conocimientos para ser un buen profesional, a mis docentes que fueron los responsables de brindarme conocimientos técnicos y experiencia en el marco de la Ingeniería Ambiental.

A la Ing. María Vanessa Cuba Tello, asesor de mi tesis de investigación; por haberme guiado con sus consejos, experiencias, conocimientos para la elaboración y ejecución de mi tesis de investigación.

Agradezco a mis jurados de mi tesis de investigación; Mg. Cristian Joel Salas Vizcarra, Q.F. Elmer Riveros Agüero y el Ing. Marco Antonio Torres Marquina, por sus valiosos consejos, conocimientos, aportes y acertadas sugerencias que me permitieron alcanzar los objetivos de mi tesis de investigación.

Agradezco a la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, por el acceso a sus pozos de agua para la extracción y análisis de muestras, que permitieron la ejecución de mi tesis de investigación.

Finalmente, agradezco a mis familiares, amigos, colegas por brindarme su apoyo constante, tiempo e información para el logro de los objetivos de mi tesis de investigación.



## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE.....	iv
RESUMEN .....	xii
SUMMARY .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos.....	18
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5.1. Relevancia Científica.....	19
1.5.2. Relevancia Social.....	19
1.5.3. Conveniencia.....	19
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.6.1. Limitación Temporal.....	20
1.6.2. Limitación Económica.....	20
1.6.3. Limitación Información.....	20
1.6.4. Limitación Espacial.....	20
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.7.1. Viabilidad Social.....	20
1.7.2. Viabilidad Ambiental.....	21
1.7.3. Viabilidad Económica.....	21

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	24
2.1.3. Antecedentes Regionales.....	27

2.2.	BASES TEÓRICAS. ....	29
	2.2.1. Agua.....	29
	2.2.2. Usos del Agua.....	30
	2.2.3. Propiedades del Agua.....	31
	2.2.4. Composición de las Aguas Naturales.....	32
	2.2.5. Caracterización Físico – Químico del Agua.....	33
	2.2.6. Arsénico.....	34
	2.2.7. Usos del Arsénico.....	35
	2.2.8. Toxicología. ....	35
	2.2.9. Arsénico en el Agua.....	38
	2.2.10. Carbón Activado.....	39
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES. ....	42
	2.3.1. Arsenobetaína.....	42
	2.3.2. Toxicocinética.....	42
	2.3.3. Toxicodinámia. ....	42
	2.3.4. Biotransformación.....	42
	2.3.5. Carcinógenos. ....	42
	2.3.6. pH.....	43
	2.3.7. Procesos Metabólicos.....	43
	2.3.8. Reacción Redox.....	43
2.4.	HIPÓTESIS. ....	44
	2.4.1. Hipótesis General.....	44
	2.4.2. Hipótesis Específicos.....	44
2.5.	VARIABLES.....	45
	2.5.1. Variable Dependiente.....	45
	2.5.2. Variable Independiente.....	45
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES). ....	46

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	48
	3.1.1. Enfoque de la Investigación.....	48
	3.1.2. Alcance o Nivel de la Investigación.....	48
	3.1.3. Diseño de la Investigación.....	49

3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
	3.2.1. Población.....	49
	3.2.2. Muestra.....	49
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ..	50
	3.3.1. Recolección de datos.....	50
	3.3.2. Presentación de Datos.....	56
	3.3.3. Análisis e Interpretación de los datos.....	56

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	58
	4.1.1. Caracterización Inicial de las Aguas Subterráneas.....	58
	4.1.2. Datos sobre los Parámetros Operacionales.....	61
	4.1.3. Resultados de la Concentración de Arsénico.....	74
	4.1.4. Comparación de la Concentración de Arsénico con la Norma DS. 031-2010-SA.....	75
4.2.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	77
	4.2.1. Datos Estadísticos de los Parámetros Operacionales.....	77
	4.2.2. Prueba de la Hipótesis General.....	96

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

5.1.	PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	101
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICOS .....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Coordenadas UTM de área de influencia directa .....	21
<b>Tabla 2</b> Límites Máximos Permisibles de Parámetros Físico - Químicos .....	34
<b>Tabla 3</b> Operacionalización de Variables .....	46
<b>Tabla 4</b> Coordenadas de ubicación del Área de influencia .....	49
<b>Tabla 5</b> Estación de Monitoreo de pozo subterráneo.....	50
<b>Tabla 6</b> Pesos del Carbón Activado, Grava y Arena en los diferentes biofiltros .....	56
<b>Tabla 7</b> Parámetros Analizados en el Laboratorio .....	58
<b>Tabla 8</b> Comparación de los Parámetros Analizados con Normas Internacionales .....	59
<b>Tabla 9</b> Tiempo, Adsorbente y Caudal. ....	61
<b>Tabla 10</b> Resultados de Oxígeno Disuelto (OD).....	62
<b>Tabla 11</b> Resultados de Sólidos Totales Disueltos .....	64
<b>Tabla 12</b> Resultados de Salinidad .....	66
<b>Tabla 13</b> <i>Resultados de Conductividad</i> .....	68
<b>Tabla 14</b> Resultados de pH .....	70
<b>Tabla 15</b> Resultados de la Temperatura del Agua.....	72
<b>Tabla 16</b> Resultados de la Concentración de Arsénico .....	74
<b>Tabla 17</b> Datos Descriptivos del Caudal.....	77
<b>Tabla 18</b> Prueba de Normalidad del Caudal .....	78
<b>Tabla 19</b> Interpretación de los Resultados de Caudal .....	79
<b>Tabla 20</b> Prueba de Post Hoc del Caudal.....	80
<b>Tabla 21</b> Datos Descriptivos del pH .....	81
<b>Tabla 22</b> Prueba de Normalidad del pH.....	81
<b>Tabla 23</b> Rangos de U de Mann - Whitney.....	82
<b>Tabla 24</b> Interpretación de los Resultados de pH .....	82
<b>Tabla 25</b> Datos Descriptivos de la Salinidad.....	83
<b>Tabla 26</b> Prueba de Normalidad de Salinidad .....	84
<b>Tabla 27</b> Prueba de Homogeneidad de Varianzas .....	84
<b>Tabla 28</b> Interpretación de los Resultados de Salinidad .....	85
<b>Tabla 29</b> Datos Descriptivos del Adsorbente .....	86
<b>Tabla 30</b> Interpretación de los Resultados de Adsorbente .....	86
<b>Tabla 31</b> Datos Descriptivos de Sólidos Totales Disueltos .....	87

<b>Tabla 32</b>	Prueba de Normalidad de Solidos Totales Disueltos .....	88
<b>Tabla 33</b>	Prueba de Homogeneidad de Varianzas .....	88
<b>Tabla 34</b>	Interpretación de los Resultados de Sólidos Totales Disueltos .....	89
<b>Tabla 35</b>	Datos Descriptivos de Conductividad .....	90
<b>Tabla 36</b>	Prueba de Normalidad de Conductividad .....	90
<b>Tabla 37</b>	Prueba de Homogeneidad de Varianzas .....	91
<b>Tabla 38</b>	Interpretación de los Resultados de Conductividad .....	92
<b>Tabla 39</b>	Datos Descriptivos de Oxígeno Disuelto .....	93
<b>Tabla 40</b>	Prueba de Normalidad de Oxígeno Disuelto .....	93
<b>Tabla 41</b>	Interpretación de los Resultados de Oxígeno Disuelto .....	94
<b>Tabla 42</b>	Datos Descriptivos de Temperatura.....	94
<b>Tabla 43</b>	Prueba de Normalidad de Temperatura.....	95
<b>Tabla 44</b>	Interpretación de los Resultados de Temperatura .....	96
<b>Tabla 45</b>	Datos Descriptivos de la Concentración de Arsénico.....	96
<b>Tabla 46</b>	Prueba de Normalidad de la Concentración de Arsénico.....	97
<b>Tabla 47</b>	Interpretación de la Eficiencia del Biofiltro B <sub>1</sub> .....	98
<b>Tabla 48</b>	Interpretación de Eficiencia del Biofiltro B <sub>2</sub> .....	99
<b>Tabla 49</b>	Interpretación de la Eficiencia del Biofiltro C .....	99

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Matriz de Consistencia.....	112
<b>Anexo 2</b> Árbol de Causas - Efectos .....	113
<b>Anexo 3</b> Árbol de Medios - Fines .....	114
<b>Anexo 4</b> Plano de ubicación Satelital de Fuente de Agua – Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.....	115
<b>Anexo 5</b> Plano de ubicación de los Pozos de Agua Subterráneas de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.....	116
<b>Anexo 6</b> Cadena de Custodia de la Caracterización Inicial del Agua Subterránea.....	117
<b>Anexo 7</b> Reporte de los Parámetros de Campo Inicial del Agua Subterránea .....	118
<b>Anexo 8</b> Resultados del Análisis Inicial del Agua Subterránea – Laboratorio Certimin .....	119
<b>Anexo 9</b> Comparación de los Resultados Iniciales del Laboratorio con la Norma.....	121
<b>Anexo 10</b> Resultados de los Parámetros de Campo durante la Ejecución del Proyecto de Investigación .....	122
<b>Anexo 11</b> Cadena de Custodia del Primer día de Análisis de Arsénico .....	124
<b>Anexo 12</b> Cadena de Custodia del Tercer día de Análisis de Arsénico .....	126
<b>Anexo 13</b> Cadena de Custodia del Séptimo día de Análisis de Arsénico ..	128
<b>Anexo 14</b> Resultados de Análisis de Arsénico del Primer día - Laboratorio Certimin .....	130
<b>Anexo 15</b> Resultados de Análisis de Arsénico del Tercer día - Laboratorio Certimin .....	132
<b>Anexo 16</b> Resultados de Análisis de Arsénico del Séptimo día - Laboratorio Certimin .....	134
<b>Anexo 17</b> Panel Fotográfico.....	136
<b>Anexo 18</b> Bases Legales .....	144
<b>Anexo 19</b> Resolución de Designación de Asesor .....	161
<b>Anexo 20</b> Carta de Aceptación para Ejecución de Proyecto de Investigación .....	162
<b>Anexo 21</b> Resolución de Aprobación de Proyecto de Investigación .....	163



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Factores que intervienen en la Variable Dependiente e Independiente.....	47
<b>Gráfico 2</b> Proceso de Elaboración del Carbón Activado a base de Cáscara de Manzana.....	52
<b>Gráfico 3</b> Resultados de Oxígeno Disuelto. ....	63
<b>Gráfico 4</b> Resultados de Sólidos Totales Disueltos.....	65
<b>Gráfico 5</b> Resultados de Salinidad. ....	67
<b>Gráfico 6</b> Resultados de Conductividad. ....	69
<b>Gráfico 7</b> Resultados de pH.....	71
<b>Gráfico 8</b> Resultados de Temperatura del Agua. ....	73
<b>Gráfico 9</b> Resultados de la Concentración de Arsénico antes de la Aplicación del Biofiltro de Carbón Activado.....	75
<b>Gráfico 10</b> Resultados de la Concentración de Arsénico después de la Aplicación del Biofiltro de Carbón Activado.....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>As<sup>+3</sup></b>	: Arsenito
<b>As</b>	: Arsénico
<b>AsH<sub>3</sub></b>	: Arsina
<b>AlCl<sub>3</sub></b>	: Cloruro de Aluminio
<b>Ca<sup>+2</sup></b>	: Calcio
<b>Cl<sup>-</sup></b>	: Cloro
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Dióxido de Carbono
<b>°C</b>	: Grados Celsius
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	: Ácido Fosfórico
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	: Bicarbonato
<b>ICP</b>	: Espectrómetro de Plasma Inducido
<b>Km<sup>3</sup>/L</b>	: Kilómetros Cúbicos por Litro
<b>Km<sup>3</sup></b>	: Kilómetros Cúbicos
<b>K<sup>+</sup></b>	: Potasio
<b>KOH</b>	: Hidróxido de Sodio
<b>LED</b>	: Diodo Emisor de Luz
<b>ml</b>	: Mililitros
<b>mg/L</b>	: Miligramos por Litro
<b>mg</b>	: Miligramos
<b>Mg<sup>+2</sup></b>	: Magnesio
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metros Cuadrados
<b>MgCl<sub>2</sub></b>	: Cloruro de Magnesio
<b>Na<sup>+</sup></b>	: Sodio
<b>NaOH</b>	: Hidróxido de Potasio
<b>ppm</b>	: Partes por Millón
<b>pH</b>	: Potencial de Hidrogeno
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	: Sulfato
<b>SA</b>	: Salud Ambiental
<b>ug/L</b>	: Microgramos por Litro
<b>ZnCl<sub>2</sub></b>	: Cloruro de Zinc

## RESUMEN

La presente tesis de investigación tiene por objetivo la remoción de arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humano, con el propósito de demostrar si el carbón activado a base de cáscara de manzana es eficiente en la remoción de arsénico, utilizando la prueba Estadística de T – Student de varianzas relacionadas que consiste en el análisis antes y después de la aplicación del método.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo y diseño experimental. La extracción de la muestra de agua será de un pozo de agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, seleccionado para la investigación. Para la remoción de arsénico se elaboraron cuatro diferentes Biofiltro, la cual 3 Biofiltros se diferenciaron en la cantidad de carbón activado a base de cáscara de manzana y por diferentes fluidos de agua; el cuarto Biofiltro fue solamente de grava y arena (blanco).

Los resultados obtenidos de la concentración de arsénico después de la aplicación de los biofiltros estaban por debajo de 0.01 mg/L, cumpliendo con el Límite Máximo Permisibles establecido en el Reglamento de Calidad para el Consumo Humano – DS. N° 031 – 2010 – SA.

Los biofiltros de acuerdo a los resultados obtenidos en el Laboratorio demuestran que son eficientes en la remoción de arsénico, sin embargo el biofiltro B<sub>2</sub> a través aplicación de la Prueba estadística de T – Student para una muestra demostró una eficiencia significa en la remoción de la concentración de arsénico, respecto a los demás biofiltros, ya que en el desarrollo de la Prueba Estadística el nivel de significancia es 0.046 siendo menor  $\alpha = 0.05$ , la cual indica que se acepta la Hipótesis Alterna. Para que el biofiltro de Carbón activado sea eficiente debe presentar un caudal promedio de 0.001 l/min.

**Palabras Claves:** Arsénico, Remoción de Arsénico, Carbón Activado, Cáscara de Manzana, Aguas Subterráneas, Consumo Humano, Tratamiento de Aguas.

## SUMMARY

This research thesis aims to remove arsenic by using the biofilter of activated carbon based on apple peel for the treatment of groundwater used for human consumption, with the purpose of demonstrating whether activated carbon based Apple peel affects arsenic removal, using the T-Student Statistical test of related variances consisting of the analysis before and after the application of the method.

The research has a quantitative approach, with an explanatory scope and experimental design. The water sample will be extracted from a well of the San Marcos de La Aguada Peasant Community, selected for research. For the removal of arsenic, four different filters were made, which 3 filters were differentiated in the amount of activated carbon based on apple peel and by different water fluids; the fourth filter was only gravel and sand (white).

The results obtained from the arsenic concentration after the application of the biofilters were below 0.01 mg / L, complying with the Maximum Permissible Limit established in the Quality Regulation for Human Consumption - DS. N ° 031 - 2010 - SA.

The biofilters according to the results obtained in the Laboratory demonstrate that they are efficient in the removal of arsenic, however the biofilter B2 through application of the Statistical T-Student Test for a sample demonstrated an efficiency means in the removal of the concentration of arsenic, with respect to the other biofilters, since in the development of the Statistical Test the level of significance is 0.046 being less  $\alpha = 0.05$ , which indicates that the Alternate Hypothesis is accepted. For the activated carbon biofilter to be efficient, it must have an average flow rate of 0.001 l / min.

**Keywords:** Arsenic, Arsenic Removal, Activated Carbon, Apple Peel, Groundwater, Human Consumption, Water Treatment.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua al pasar de los años está siendo afectado por diversas actividades como: las minerías, industrias, y otras actividades que vierten sus aguas residuales a los ríos, mares y otras fuentes de agua que son utilizadas para el consumo humano a través de un debido tratamiento. La Organización Mundial de la Salud (2018) indica que la contaminación por arsénico de las aguas subterráneas es un problema muy extendido; varias regiones a nivel mundial presentan niveles importantes de consumo de agua contaminada.

El Perú no es ajeno a esta problemática ya que se está viendo que existen ciertas ciudades donde la contaminación por arsénico de las aguas no está cumpliendo con las normativas vigentes. Tal es el caso de la región de Lambayeque de la Municipalidad Distrital de Mórrope que tomaron conocimiento de la calidad química del pozo antiguo del agua subterránea, el cual presentó en los análisis correspondientes un alto contenido de Arsénico ocasionando la afectación a la vida y salud de las personas en el distrito. (INDECI, 2016)

La Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada se abastece de tres pozos de aguas subterráneas para el consumo humano cuyo tratamiento es la cloración, esta agua que se consume tiene un alto contenido de arsénico debido a la existencia de una mina metálica. La problemática general que he planteado en el proyecto de investigación es ¿Cómo el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana incide en la remoción de arsénico de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la comunidad campesina de San Marcos de la Aguada, Mala, Lima, 2019?

El proyecto de investigación se ha estructurado en cinco capítulos. En el capítulo I se encuentra el Problema de Investigación, en este capítulo se describió la problemática existente, se planteó el objetivo general y los objetivos específicos, se justificó el ¿Por qué? de la investigación, así también se describió las limitaciones y viabilidad de la investigación.

En el capítulo II se encuentra el Marco Teórico, en este capítulo se describió los antecedentes internacionales, nacionales y regionales relacionados a la investigación, los conceptos teóricos, también se planteó la Hipótesis General

y las Hipótesis Específicas y por último se identificó la variable dependiente e independiente que intervendrán en el proyecto de investigación.

El capítulo III se describe la Metodología de la Investigación, en este capítulo se encuentra el tipo de investigación, la población y muestra, las técnicas e Instrumentos de la Recolección de datos. En el capítulo IV se encuentran los Resultados en la cual se describe todos los resultados obtenidos en la aplicación de los biofiltros de carbón activado a base de cascara de manzana, así también se demuestra la hipótesis planteada en el principio mediante diferentes pruebas estadística como: T – Student, ANOVA, U Mann – Whitney, T – Student para una muestra y Kolmogorov – Smirnov.

Y por último se encuentra el capítulo V que es la Discusión de los Resultados, en este capítulo se comparó los resultados obtenidos en el proyecto de investigación con otras investigaciones realizados por otros autores.



# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

El arsénico es un elemento de los más tóxicos para la salud de las personas, así de acuerdo con Fluence (2018) exponerse de manera prolongada al arsénico mediante fuentes naturales o industriales predispone a las personas a padecer de una serie de problemas de salud, por ello la Organización Mundial de Salud ubica al arsénico entre los 10 productos químicos de mayor preocupación para la salud pública, siendo la exposición prolongada al mencionado elemento, sobretodo mediante el consumo de agua potable contaminada y de alimentos cultivados con aguas que contienen arsénico, ocasionando riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, dermatológicas, neurológicas y diferentes tipos de cáncer.

Así mismo señala que en América Latina alrededor de 4 millones de habitantes de Chile, Nicaragua, México, Argentina, El Salvador, Perú y Bolivia se encuentran expuestos a peligrosas concentraciones de Arsénico, manifestando como ejemplos a algunos de los países tales como Chile, en donde el agua de la región de la Quebrada Camarones del desierto de Atacama presenta 1 mg/L de arsénico, lo cual es 100 veces el valor de los estándares establecidos por la OMS de 10 µg/L, en El Salvador el 90% del agua superficial está contaminada, en México muchos de sus estados presentan concentraciones de arsénico superiores a la norma corriente mexicana para el agua potable, así mismo, según Arkin (2019), Argentina es una de las llanuras afectadas por grandes concentraciones de arsénico en agua subterránea más extensa del mundo, otro país en el cual esta problemática se mantiene por décadas es, según FRANCE 24 (2018), Bangladés, país en el cual ocurren aproximadamente 40.000 muertes prematuras anualmente a causa de la contaminación por arsénico.

En Perú se han detectado muchos casos en sus diferentes provincias respecto a la presencia de arsénico en sus aguas, así FRANCE 24 (2018), indica que en la cuenca de amazonas se toma la medida de extraer el

agua de pozos poco profundos cavados para evitar consumir el agua de los ríos contaminados, sin embargo, en el agua extraída de dichos pozos se han encontrado hasta 70 veces más del el límite recomendado de arsénico, en Pasco, según Perú21 (2017), El Ministerio de salud declaró en el 2017 en emergencia a los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar por encontrar contaminantes superiores a los límites máximos permisibles en el agua de consumo humano, dentro de los cuales se encontraba el arsénico, el mismo año en Junín, según Vivanco (2017), se determinó que el 39% de la población consume agua contaminada, siendo algunos sectores de Jauja y Unión Leticia en Tarma, los lugares donde se encontró arsénico superior al límite máximo permisible en el agua de consumo humano, al presente año en Lambayeque, de acuerdo con la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (2019), se encontró arsénico dentro de los pozos tubulares encargados de llevar el agua a las cañerías del distrito de Pacora, situación que se dio también el año 2018 en el distrito de Mórrope en el cual se halló que aproximadamente 14 de sus comunidades consumían agua que contenía arsénico, en el Cuzco, de acuerdo con Wayka (2019), se detectó que en la comunidad de Espinar la planta de tratamiento Virgen de Chapi presentaba contaminación por 4 metales pesados, entre ellos el arsénico.

En la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala - provincia de Cañete - región Lima, de acuerdo con Papa (2019), la red de salud Chilca – Mala encontró arsénico en la sangre de niños de 6 y 10 años de edad, alarmando a las autoridades de dicho centro por lo nocivo que resulta el arsénico para el organismo, además de sus efectos cancerígenos, y todas las complicaciones que puede derivar en muerte.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1. Problema General.**

¿Cómo el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana es eficiente en la remoción de arsénico de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima, 2019?

### **1.2.2. Problemas Específicos.**

¿Cuáles son las características iniciales de las fuentes de agua subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima?

¿Qué parámetros operacionales influirán en el proceso de adsorción de arsénico mediante el carbón activado en aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima?

¿Cuál es la diferencia de la concentración del arsénico del agua tratada a partir del uso de biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana respecto a los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de Calidad del Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA?

### **1.3. OBJETIVO GENERAL.**

Remover el arsénico mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para el tratamiento de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima, 2019.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Determinar las características iniciales de las fuentes de agua subterráneas de consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.

Optimizar los parámetros operacionales que influyen en el proceso de adsorción de arsénico mediante el carbón activado en aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.

Comparar la concentración de arsénico del agua tratada con los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.5.1. Relevancia Científica.**

La investigación presentada tiene relevancia científica ya que se elabora siguiendo el rigor científico, basándose en información proveniente de fuentes confiables y de validez científica para así partir de dicho constructo teórico y aproximarse al mejor conocimiento y dar solución a los objetivos planteados a raíz de la problemática observada, así mismo para establecer conclusiones se basó en los resultados del experimento, así esta investigación puede ser considerada con validez científica y puede servir de base a futuras investigaciones.

### **1.5.2. Relevancia Social.**

La relevancia social de esta investigación radica en el aporte que tiene para la sociedad al evidenciar a través de sus bases teóricas lo nocivo que puede resultar el arsénico para la salud, y en exponer una realidad de considerable envergadura, de esa forma las personas pueden estar más conscientes en cuanto al cuidado de su salud y buscar que las autoridades pertinentes puedan propiciar el cuidado del agua que consumen, a su vez esta investigación proporciona una propuesta para tratar el agua y así poder brindar a la población agua de buena calidad y por consiguiente cuidar la salud de los pobladores de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

### **1.5.3. Conveniencia.**

La investigación es conveniente ya que la problemática que se aborda es de interés mundial, y así mismo al existir antecedentes de personas afectadas por arsénico en la localidad estudiada, es conveniente realizar esta investigación y aportar con las investigaciones que se han realizado con anterioridad, conociendo el problema es conveniente plantear una vía de solución.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.6.1. Limitación Temporal.**

No presenta la investigación mayores limitaciones temporales, ya que la presente investigación fue correctamente planificada de manera que se siga un cronograma determinado para la realización de actividades y pueda ser realizada la investigación de manera plena acorde a los tiempos establecidos para cada etapa.

### **1.6.2. Limitación Económica.**

Las limitaciones económicas en general están asociadas con los gastos realizados para el traslado y viáticos hacia el lugar dónde se realiza la investigación, además de los gastos incurridos para llevar a cabo la fase de ejecución del proyecto de investigación.

### **1.6.3. Limitación Información.**

La investigación no muestra limitantes de información, ya que la adsorción y remoción de arsénico del agua es un tema de interés mundial que ha sido abarcado en diferentes estudios por su importancia para la salud de las personas.

### **1.6.4. Limitación Espacial.**

La investigación no presenta limitaciones espaciales, dada la accesibilidad del lugar en donde se realizará la investigación, pudiendo extraer las muestras necesarias para cumplir los objetivos planteados.

## **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.7.1. Viabilidad Social.**

La presente investigación es viable socialmente ya que la población al estar interesada por ser un tema de cuidado a su salud se espera esté a favor del presente estudio, el cual tendrá un aporte significativo al buscar aportar una opción viable para superar la problemática descrita. El área de influencia directa está ubicada

dentro de las coordenadas 8599300 Norte y 324200 Este de San Marcos de la aguada.

**Tabla 1**

*Coordenadas UTM de área de influencia directa*

VÉRTICES	NORTE	ESTE	ALTITUD
01	8598423	322882	15
02	8599280	322882	19
03	8599280	324136	52
04	8598423	324136	41

**Nota:** *Vértices de ubicación del área de influencia directa de la Comunidad de San Marcos de la Aguada.*

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.*

### **1.7.2. Viabilidad Ambiental.**

La investigación es viable ambientalmente ya que contribuirá con una opción para reducir la contaminación de agua por arsénico, y de esa manera proveer de agua saludable con buenos estándares de calidad.

### **1.7.3. Viabilidad Económica.**

El proyecto de investigación es viable económicamente porque la opción de remoción de arsénico planteada en cuanto a términos del costo beneficio, es viable ya que los beneficios en la salud de las personas y en el ambiente es mayor en relación a los costos de desarrollarla.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Martínez (2018) realizó la investigación titulada “*Remoción de arsénico en agua mediante nanopartículas magnéticas de ferrita de níquel cubiertas con Quitosán de Aspergillus niger*”. (Tesis de Post – Grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, México. Cuyo **objetivo** fue desarrollar la técnica de extracción de Quitosán de biomasa de *Aspergillus niger* obtenida como residuo del proceso biotecnológico, para aplicarlo en la síntesis de las nanopartículas magnéticas de ferrita de níquel recubiertas con este biopolímero, caracterizar el sistema nanoestructurado y valorar la biosorción de arsénico y otros iones del agua de la Comarca Lagunera. Investigación de diseño experimental, que contó con 3 diferentes muestras de polisacárido quitosán: Quitosán de la marca Kiotransmine, Quitosán de Sigma –Aldrich y Quitosán de hongo *Aspergillus niger*, siendo la técnica utilizada la co-precipitación. **Concluyendo** que existen las nanopartículas magnéticas de ferrita de níquel recubiertas con Quitosán tienen eficiencia en la adsorción de arsénico en agua contaminada con arsénico. Se **recomendó** estudiar el efecto de suplementación del medio de crecimiento fúngico para estimulación de producción de Quitosán, así mismo tomar en cuenta el post-tratamiento (confinamiento) de las nanopartículas después de adsorción de arsénico.

Silva (2017) en su tesis titulado: “*Producción y caracterización de carbón activado a partir de residuos agroindustriales (Fibra de nopal) para la remoción de arsénico en agua*”. (Tesis de Pre – Grado). Instituto Politécnico Nacional. Zacatecas, México. Cuyo **objetivo** fue sintetizar carbón activado para elegir las mejores condiciones de síntesis, buscando las variables que influyen

significativamente en las propiedades del carbón, y posteriormente llevar a cabo pruebas de adsorción de arsénico en medio acuoso. Investigación de diseño experimental factorial, cuya muestra la constituyó el agua utilizada para realizar los 16 experimentos, para la realización del experimento se utilizaron las técnicas del número de yodo, la espectroscopia infrarroja FTIR. **Concluyendo** que el carbón activado a partir de fibra de nopal, impregnado con cloruro de zinc es un absorbente de gran área superficial que tiene la capacidad de remover arsénico del agua, así mismo el carbón tiene mayor capacidad cuando se produce a 400 °C, y una relación de impregnación igual a 0.5 g ZnCl<sub>2</sub>/g biomasa. El investigador **recomendó** realizar el punto de carga cero para determinar el pH en el cual la superficie del carbón tiene carga cero, así también realizar los experimentos variando pH de 4, 7 y 10 para determinar la capacidad de adsorción en condiciones acidas, neutras y básicas.

Carranza (2015) en su tesis de investigación titulada: *“Evaluación de dos tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico en agua para consumo humano”*. (Tesis de Post – Grado). Universidad de El Salvador. Cuyo **objetivo** fue realizar la evaluación de dos tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico en agua para consumo humano. Investigación de diseño experimental, cuya muestra la constituyeron preparaciones de soluciones de arsénico y plomo, para llevar a cabo la investigación se utilizaron las técnicas de análisis de plomo, análisis de arsénico y análisis de hierro. **Concluyendo** que la remoción de plomo resultó efectiva con los dos métodos (99.98% con RAOS y 99.92% para la unidad de tratamiento con dos cubetas) mientras que la remoción de arsénico no logró reducir por debajo de los estándares debajo del límite establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua potable NSO 13.07.01:08, obteniendo valores de 81.5% con el método RAOS y 83.5%. Se **recomienda** realizar una caracterización físico – químico del agua

que se va a tratar para verificar qué metales están presentes y en que concentraciones, de manera que no se sobrepase la capacidad de adsorción de la cantidad del coagulante; así mismo el filtro de arena se debe de utilizar diariamente para evitar el crecimiento de microorganismos en grandes cantidades, que provocaría la aparición de malos olores en el agua tratada.

Vera (2014) en su tesis intitulada: *“Remoción de arsénico del agua residual industrial de proceso mediante el método de bioadsorción”*. (Tesis de Pre – Grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, México. Cuyo **objetivo** determinar la eficacia de la cáscara de naranja para la remoción de arsénico del agua residual industrial de proceso, aplicando un tratamiento natural. Investigación de diseño experimental, la cual utilizó como muestra 24 matraces contenidas de agua, las cuales tenían un fondo plano de 50 mL. Se empleó la técnica de la bioadsorción. **Concluyendo** que el método utilizado logró remover un 23.490 % de las concentraciones de arsénico, determinando así la eficacia del método, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo existió la tendencia a remover los mayores porcentajes de arsénico en el tratamiento 2 (pH=5.5, tamaño de partícula=0.4 mm, concentración del metal=90 ppm, cantidad de cascara=1 g, tiempo de contacto=2 h, temperatura=22°C), sobresaliendo en un 12.65% a comparación de todos los demás tratamientos. Se **recomendó** evaluar otros materiales como adsorbentes para el tratamiento de las aguas residuales.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Mamani (2019) desarrolló una investigación titulada: *“Determinación de la concentración de Arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el Distrito de Juliaca y Medidas de Investigación”*. (Tesis de Doctor). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Cuyo **objetivo** fue determinar

la concentración de Arsénico total en las aguas de pozos privados en la Provincia de San Román Juliaca, en donde se tomaron 12 muestras representativas de manera aleatoria. Finalmente se **concluyó** que las aguas subterráneas en el área de estudio son químicamente inadecuadas para consumo humano, en la cual se **recomendó** llevar a cabo un programa de monitoreo continuo de los recursos de agua subterránea en la ciudad de Juliaca, no solo hace que la situación sea alarmante, sino que también requiere atención inmediata por parte de las autoridades locales.

Estrada (2016) desarrolló una investigación titulada: *“Disminución de arsénico mediante un filtro de diatomita del agua de afloramiento subterráneo en el campamento Cedro-Pataz”*. (Tesis de Pre – Grado). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Cuyo **objetivo** fue evaluar el nivel de disminución de arsénico ( $As^{+3}$ ) mediante el uso de un filtro de diatomita a diferentes alturas de lecho y granulometría, a nivel laboratorio, del agua obtenida de un afloramiento subterráneo en el Campamento Cedro - Pataz. Investigación de diseño experimental factorial. En **conclusión** se demostró un nivel significativo de disminución de arsénico de la muestra con un 95.70% con una altura de lecho de 15 cm y con a la granulometría con un valor de 70 mesh, indicando que el ensayo que tuvo estas condiciones, consiguió disminuir hasta 0.00386 ppm de arsénico, cumpliendo así el Límite Máximo Permisible para este parámetro (0.01 ppm). El investigador **recomendó** ampliar la investigación evaluando el proceso de desorción de arsénico en las diatomeas y también realizar la remoción de coliformes Totales y fecales mediante el uso de diatomita para potabilizar el agua.

Cava & Ramos (2016) en su tesis titulada: *“Caracterización Físico – Química y Microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del Distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento”*. (Tesis de Pre - Grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú. Cuyo **objetivo** fue

realizar la caracterización físico – químico y microbiológico del agua de consumo humano de dicha localidad y así elaborar una propuesta para el fortalecimiento de este servicio. La el análisis de la Calidad del Agua se tomó como referencia el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano: DS. N° 031 – 2010 – SA del Ministerio de Salud. Para el análisis de agua se tomaron diez puntos de muestreo en diferentes sitios de la localidad los cuales incluye el pozo subterráneo, tanque de almacenamiento y ocho viviendas. Se llegó a la **conclusión** que el agua proveniente de la Localidad de Las Juntas no es apta para el consumo humano, la cual esto implica y justifica la aplicación sistemática de un tratamiento de electrodiálisis reversible, con el fin de mejorar la calidad del agua, y lograr que la población este protegida contra enfermedades infectocontagiosas. Se **recomendó** implementar un programa de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua de Las Juntas del Distrito de Pacora, con el fin de verificar y garantizar si el agua es apta para el consumo humano, así mismo mejorar las condiciones físicas de las instalaciones del pozo actual para la instalación de un sistema nuevo de cloración.

Álvarez & Veli (2014) en su tesis titulada: *“Remoción de arsénico mediante arcilla natural del agua procedente del manantial de Quero – Jauja”*. (Tesis de Pre – Grado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú. Cuyo **objetivo** fue remover el arsénico del agua de manantial a través de un proceso de adsorción controlando el pH y tiempo de contacto, para lo cual se realizó la caracterización química y fisicoquímica del agua de manantial y la caracterización química, fisicoquímica y mineralógica de la arcilla natural proveniente de Parco – Jauja. Llegando a la **conclusión** se observó que el arsénico está por encima de los LMP siendo su concentración de 0.04920 mg/L; así también los niveles de las variables según los experimentos realizados en el estudio son un pH 5.5 y un tiempo de 12 hora, bajo estas condiciones se logró remover el 97.5% de arsénico presente

en la muestra de agua del manantial. Se **recomendó** tener presente la preservación de la muestra con ácido nítrico concentrado que es inherente para obtención de resultados confiables, así mismo realizar la calibración del potenciómetro mediante el uso de dos Buffers (4 y 7) como mínimo para lograr mediciones exactas y confiables.

### 2.1.3. Antecedentes Regionales.

Chaupis & Reyes (2018) en su tesis titulada: “*Remoción de arsénico de las aguas de San Mateo de Huanchor- Lima con Zeolitas Naturales*”. (Tesis de Pre – Grado). Universidad Nacional del Callao. Callao, Perú. Cuyo **objetivo** fue determinar la capacidad de las zeolitas naturales para remover arsénico de las aguas contaminadas. Investigación de diseño experimental y nivel analítico – correlacional. La muestra estuvo constituida por las aguas superficiales de San Mateo de Huanchor. La técnica utilizada para realizar fue el protocolo nacional para el monitoreo para la calidad de recursos hídricos. **Concluyendo** que: Las neófitas tienen la capacidad de remover 1.668 mg de Arsénico por gramo de Zeolita, logrando remover un 93.75 % de las aguas superficiales de San Mateo de Huanchor, por tanto este método resultaría una alternativa eficiente y de bajo costo. Este antecedente es útil en cuanto muestra información respecto a técnicas de remoción y aspectos relevantes a considerar para llevar a cabo la remoción, por tanto, ayuda a tener un mejor conocimiento de los efectos del arsénico, de cuáles son los índices permitidos y da aproximaciones para experimentar la remoción. Se **recomendó** continuar la investigación teniendo en cuenta la competencia de iones por otros metales en pruebas en lote y flujo continuo, así también realizar una caracterización detallada de la zeolita natural teniendo en cuenta análisis de quimisorción y fisisorción.



Huallpa (2017) realizó la tesis de investigación titulada: *“Biosorción con panca de maíz (Zea mays) para la remoción de Arsénico en aguas contaminadas a nivel de laboratorio, 2017”*. (Tesis de Pre – Grado). Universidad César Vallejo. Lima, Perú. Cuyo **objetivo** fue establecer en qué medida la biosorción con panca de maíz (Zea mays) remueve el arsénico de las aguas contaminadas a nivel de laboratorio. Investigación de diseño cuasi experimental y nivel explicativo. Su muestra fue de 9 litros de agua contaminada con arsénico. La técnica de recolección de datos fue la observación y el instrumento la ficha de Observación para la recolección de datos en laboratorio. **Concluyendo** que el biosorbente generado por la panca de maíz modificado químicamente logró reducir un nivel de concentración inicial de arsénico de 0,113 ppm (mg/L) hasta un valor de 0,063 ppm (mg/L), equivalente a una remoción de 37,16%. El investigador **recomendó** aplicar la técnica de biosorción con panca de maíz para remover metales pesados de fuentes de aguas reales como aguas subterráneas, superficiales o efluentes de alguna actividad industrial, así mismo diseñar sistemas continuos para remoción de arsénico en aguas para uso y consumo humano.

Aguirre (2015) en su tesis titulada: *“Efecto del proceso de coagulación con sulfato férrico en la remoción de arsénico del agua de río Rímac, Aris Industrial S.A., Lima-2014”*. (Tesis de Pre – Grado). Universidad César Vallejo. Lima, Perú. Cuyo **objetivo** fue determinar el efecto que produce el proceso de la coagulación con sulfato férrico en la remoción de arsénico del agua de río Rímac. Investigación experimental, tuvo como muestra el agua cruda en el río Rímac. Emplearon para el estudio el método Jarra Test, Como **conclusión** se estableció que el sulfato férrico logró remover un 97% del arsénico de 60 ug/L en agua cruda y aproximadamente 2 ug/L en agua decantada. Antecedente útil porque provee de información relevante para el mejor conocimiento respecto a la remoción del arsénico y los aspectos importantes a considerar en

el estudio de la presencia del arsénico en el agua como una problemática, lo cual es de utilidad para el propósito del presente estudio.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. Agua.**

El agua es el recurso natural que cubre más del 70% de la superficie del planeta, estando presente en océanos, lagos, ríos, aire y en el suelo. Constituye el sustento y fuente de vida, contribuyendo a la regulación del clima y a través de su fuerza moldea la tierra, es además un extraordinario solvente y reactivo en gran parte de los procesos metabólicos, posee gran capacidad calorífica y dentro de sus propiedades está la expansión que adquiere al congelarse. (Fernández, 2012, p. 148)

El 97.5% del total del agua que existe en el planeta se encuentra en los océanos, así mismo del total de agua del planeta solo el 2.5% es agua dulce y el 80% de dicha cantidad se encuentra en los glaciares, nieve y hielo de los cascos polares, existiendo además un 19% de agua subterránea y un 1% de agua de acceso rápido, la cual se encuentra habitualmente en lagos, en un 52%, y en humedales, en un 38%. Una de las características del agua es que es un recurso renovable pero finito, así se estima que anualmente 505 000 km<sup>3</sup>/L de agua de los océanos se evapora, regresando gran parte de ella nuevamente a los océanos en forma de precipitaciones y no puede utilizarse como agua dulce, presentándose cada año precipitaciones sobre tierra firme aproximadamente de 120.000 km<sup>3</sup>, ese movimiento masivo de agua que es provocado básicamente por la energía solar es el ciclo hidrológico, el cual es un proceso que abarca la precipitación, escurrimiento, evapotranspiración y la infiltración.

## **2.2.2. Usos del Agua.**

El uso del agua es esencial para casi la totalidad de las actividades humanas, según Comisión Nacional del Agua (2010), el concepto de uso del agua está referido a la aplicación del agua a alguna actividad, así mismo señala que se considera uso consuntivo cuando ocurre consumo equivalente a la diferencia entre el volumen suministrado y el descargado, y se habla de uso no consuntivos cuando se utiliza el agua sin consumirla tal como ocurre con las hidroeléctricas, las cuales generan energía haciendo uso del volumen almacenado en las presas pero sin consumir el agua. Además, el citado autor señala que generalmente el agua tiene los siguientes usos:

### **2.2.2.1. Uso Agropecuario.**

Abarca el uso del agua para el riego de cultivos, señalando aquí dos clases de agua, una es el agua azul, aquella que se extrae de los acuíferos, embalses y cauces para ser usada y la otra es el agua verde, que se refiere a la humedad en el suelo, la cual contribuye a la producción de biomasa en cultivos, bosques, pastos y sabanas. Mientras que el uso pecuario está referido al agua destinada al consumo del sector pecuario o ganadero. (CONAGUA, 2010, p. 66)

### **2.2.2.2. Uso de abastecimiento Público.**

Este uso abarca toda aquella agua potable que se reparte mediante las redes, aquellas que tienen como finalidad abastecer a los usuarios domésticos y brindarles agua para que puedan utilizarla a fin de cubrir sus diversas necesidades, por tanto, contar con agua en cantidades y con estándares de calidad adecuados constituye una de las demandas básicas de las personas, ya que ello tiene efectos directos sobre su salud y bienestar. (CONAGUA, 2010, p. 67)

#### **2.2.2.3. Uso Industrial.**

Comprende el agua que es utilizada para las actividades de carácter industrial, las cuales en su mayoría toman el agua que requieren de manera directa de ríos arroyos, lagos o acuíferos. (CONAGUA, 2010, p. 68)

#### **2.2.2.4. Uso en Termoeléctricas.**

Incluye el agua usada en centrales de vapor duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, turbogas y combustión interna. (CONAGUA, 2010, p. 69)

#### **2.2.2.5. Uso en Hidroeléctricas.**

Este uso es de carácter no consuntivo, ya que utiliza agua para generar energía, sin embargo, dicha utilización no consume el agua. (CONAGUA, 2010, p. 70)

### **2.2.3. Propiedades del Agua.**

Las propiedades del agua, según Fernández (2012), son las siguientes:

- Posee tres fases: Sólida, líquida y gaseosa.
- Posee alta capacidad calorífica, la cual le permite absorber grandes cantidades de calor sin que su temperatura incremente demasiado, así cada gramo de agua absorbe una caloría para que su temperatura se vea incrementada en 1°C.

Gracias a su alta capacidad calórica, necesitando por tanto alto grado de calor para cambiar la temperatura de una masa de agua, tiene efectos estabilizantes en la temperatura de regiones geográficas cercanas. Gracias a esta propiedad se frenan cambios súbitos en la temperatura de los cuerpos de agua, ejerciendo protección a los organismos acuáticos frente a los shocks que podrían ocasionarse de existir cambios abruptos en la temperatura.

Por otro lado, las células contienen un aproximado de 80% de contenido de agua, por tanto, la mencionada propiedad protege las moléculas que se encuentran disueltas o constituidas por agua.

- Posee la propiedad de expansión al congelarse, empezando a expandirse desde los 4°C.
- Posee alta constante dieléctrica, dicha propiedad facilita la disolución de sustancias iónicas y su ionización.
- Posee alto calor latente de fusión, esta propiedad permite la estabilidad de temperatura en los cuerpos de agua en el punto de congelación, evitando además que se presenten efectos nocivos por bajas temperaturas en el ecosistema de cuerpos de agua.
- Posee alto calor de vaporización, lo cual favorece la transferencia de calor de vapor de los cuerpos de agua y el vapor atmosférico.
- Posee alta tensión superficial, por ello tiende a unirse en gotas en vez de separarse en capas delgadas y finas. Es por esta propiedad que el agua posee acción capilar, que puede moverse a través de raíces de plantas y pequeños vasos sanguíneos en el organismo humano, además de disolver sustancias.

#### **2.2.4. Composición de las Aguas Naturales.**

El total de la salinidad que poseen las aguas superficiales generalmente es determinado por la presencia de cationes de sodio, calcio, magnesio y potasio, y de los aniones cloruros, sulfato y bicarbonato-carbonato. La media de salinidad de las aguas continentales a nivel mundial aproximadamente es de 120 mg/L, presentando variaciones en cada continente, las cuales son producto de procesos de meteorización de rocas de la cuenca de drenaje, la precipitación atmosférica y el equilibrio precipitación- evaporación, en tanto que la meteorización generalmente es producto de procesos de disolución, hidrólisis, óxido reducción y de formación de complejos con sustancias inorgánicas u orgánicas.

A nivel mundial las equivalencias de los principales iones suelen ser de la siguiente forma:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$  y  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ , existiendo posibilidad de variación en las regiones costeras.

La concentración de  $K^+$  y  $Cl^{+1}$  son aproximadamente constantes, ya que solamente experimentan variaciones mínimas ocasionadas por los cambios ambientales o su utilización por seres vivos, mientras que las concentraciones de  $HCO_3^-$  el  $SO_4^{-2}$ ,  $Ca^{+2}$  dependen de procesos de precipitación - disolución, del metabolismo microbiano y de cambios climáticos.

Existen también otros elementos presentes en las aguas naturales que tienen suma importancia desde el aspecto biológico, tales como el silicio, el nitrógeno, el fósforo, el hierro, sin embargo, no influyen significativamente en la salinidad de un cuerpo de agua, ya que la rapidez con que se desarrollan los procesos biológicos en contraste con los procesos físico-químicos ocasiona que el tiempo de residencia de los mencionados nutrientes en los cuerpos de agua sea menor que el tiempo de residencia de iones que son los que intervienen en la salinidad.

Un elemento es considerado minoritario cuando su nivel de concentración en medios naturales es de 1 a 0.01%, y a los que se concentran en cantidades menores a 0.01% se llaman elementos traza.

#### **2.2.5. Caracterización Físico – Químico del Agua.**

Estas características de acuerdo con el Ministerio de Salud (2011), se encuentran contempladas en la legislación peruana, que busca mantener los estándares de la calidad del agua, dentro de los parámetros organolépticos, considerados como aquellos parámetros físicos y químicos presentes en el agua para el consumo humano y que pueden ser percibidos por las personas mediante los sentidos. Así mismo para mantener los estándares de la calidad del agua para el consumo humano, se establecen los siguientes Límites máximos permisibles de calidad de parámetros organolépticos, los cuales abarcan a los aspectos fisicoquímicos del agua:

**Tabla 2***Límites Máximos Permisibles de Parámetros Físico - Químicos*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Límite Máximo Permisibles</b>
1. Olor	...	Aceptable
2. Sabor	...	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. Ph	Valor de pH	6.5 a 8.5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500
7. Sólidos		
Totales	mgL <sup>-1</sup>	100
Disueltos		
8. Cianuros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoniaco	mg N L <sup>-1</sup>	1.5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0.3
13. Manganeseo	mg Mn L <sup>-1</sup>	0.4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0.2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2.0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3.0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

Fuente: *Dirección General de Salud Ambiental.***2.2.6. Arsénico.**

El arsénico representado simbólicamente como As y número atómico 33, de acuerdo con Ramírez (2013), es un elemento químico cuyo nombre deriva de la palabra griega arsenikos la cual significa potente, posee una apariencia gris plateado brillante, quebradizo, amorfo. La conductividad de sus compuestos es baja, por eso se le considera metaloide. Cuando se combina con cloro o azufre forma compuestos inorgánicos y cuando se combina con el carbón o con el hidrógeno forma compuestos orgánicos.

Entre los usos más comunes que se le da al arsénico están varios de los elementos de la industria minero – metalurgia, la elaboración de semiconductores, diodos láser y LED, municiones,

herbicidas, pesticidas, así mismo en la medicina homeopática y en diversas actividades humanas.

Por su parte Oyanede (2015), describe al arsénico como un elemento natural presente en la corteza terrestre distribuido con gran amplitud a lo largo del medio ambiente, estando presente tanto en la tierra como en el aire y el agua, estando el arsénico orgánico presente de manera habitual en el suelo, y en gran cantidad de rocas, en especial en minerales compuestos por plomo o cobre, mientras que el arsénico orgánico habitualmente se encuentra en alimentos marinos formando generalmente compuestos tales como la arsenobetaína y la arsenocolina, los mismos que tienen menor toxicidad que el arsénico inorgánico.

#### **2.2.7. Usos del Arsénico.**

El uso de los compuestos arsenicales, de acuerdo con Oyanede (2015), se han empleado desde muchos años atrás como drogas, utilizándose además en la actualidad como compuestos de gran eficacia para tratar la Leucemia promielocítica aguda, para la industria el arsénico es útil como subproducto del proceso de la fundición de muchos minerales metálicos, también lo utilizan para la aleación y el procesamiento de pigmentos, papel, textiles, vidrio, protectores de la madera, municiones y adhesivos metálicos, utilizado también en procesos de curtido de pieles y la elaboración de plaguicidas, aditivos para piensos y productos farmacéuticos, sirviendo también actualmente para la industria electrónica como arseniuro de galio y como gas arsina en los componentes de los semiconductores, participa también de procesos tales como la purificación de gases industriales y endurecimiento de las aleaciones metálicas.

#### **2.2.8. Toxicología.**

De acuerdo con Oyanede (2015) la toxicocinética y toxicodinamia del arsénico varían en las diferentes formas del arsénico, siendo el gas de arsina ( $\text{AsH}_3$ ) el más tóxico de los



compuestos de arsénico, por lo general el arsénico inorgánico es más tóxico que el orgánico siendo sus formas trivalentes más tóxicas que las pentavalentes. Aquellos compuestos orgánicos de arsénico que provienen de los alimentos marinos no suelen considerarse como tóxico, siendo considerado el arsénico metálico como no tóxico debido a su insolubilidad en el agua y en los fluidos corporales. A continuación, se describen de manera detallada los principales compuestos arsenicales y sus efectos:

#### 2.2.8.1. **Gas Arsina.**

El gas arsina debido a su estado gaseoso tiene como a la vía inhalatoria como vía principal de ingreso, así mismo su absorción se realiza inmediatamente, posterior a su ingreso este gas se pega de manera rápida a los glóbulos rojos ocasionando daños irreversibles en la membrana celular, cuando los niveles son bajos el gas arsina se constituye en una poderosa hemolisina la cual ocasiona hemólisis intravascular a un grado proporcional a la dosis, cuando los niveles son altos el gas arsina ocasiona una citotoxicidad directa multisistémica.

El gas arsina produce síntomas agudos tales como sensaciones de asfixia, náuseas, vómitos, y dolores de cabeza asociados a la reacción hemolítica. En más de un 25% de personas que inhalaron el gas arsina los efectos son fatales, mientras que en los casos que no resultaron fatales mantuvieron una exposición constante con dicho gas ocasionó hemoglobinuria, ictericia, anemia y falla renal. La muerte en personas a causa del ácido arsénico generalmente se da a partir de una insuficiencia renal o paro cardíaco.

#### 2.2.8.2. **Arsénico Orgánico Alimentario.**

El arsénico en su forma orgánica se encuentra en alimentos marinos, por tanto, es ingerido por las personas

de forma oral, pese a ello por lo general no es nocivo porque no llega a la biotransformación y es eliminado aproximadamente 48 horas después de haberse ingerido por medio de la orina.

#### 2.2.8.3. **Arsénico Inorgánico y Compuestos Arsenicales Metilados.**

La absorción del arsénico inorgánico en el organismo está sujeta a la vía de ingreso, el tamaño de la partícula y tipo de compuesto, es decir de acuerdo a su solubilidad. En cuanto a la vía de ingreso, es más nociva cuando su ingreso es vía oral, ya que allí la absorción se aproxima a un 80% o 90%, mientras que en el ingreso mediante inhalación la absorción puede ser de un 10% a 50% de micropartículas.

La tercera condición referente al tipo de compuesto, se centra en la solubilidad de los compuestos arsenicales, señalando a los compuestos trivalentes como los de absorción más rápida por medio de la piel debido a que poseen alta solubilidad lipídica, mientras que aquellos de solubilidad baja tales como el seleniuro de arsénico, arseniuro de plomo, arseniuro de galio y trióxido de arsénico, son absorbidos de manera menos eficiente por vía oral.

El grado de toxicidad del arsénico está sujeto al estado de oxidación, estructura química y su solubilidad en el medio biológico. Siendo su escala de toxicidad decreciente en el siguiente orden: Arsina >  $As^{+3}$  inorgánico >  $As^{+3}$  orgánico >  $As^{+5}$  inorgánico >  $As^{+5}$  orgánico > compuestos arsenicales y arsénico elemental. (Alarcón, Leal, Martín, Miranda, & Benavides, 2013, p. 23)

### 2.2.9. Arsénico en el Agua.

El arsénico, de acuerdo con Alarcón, Leal, Martín, Miranda, & Benavides (2013) representa uno de los elementos cuya presencia es de las más comunes en la atmósfera, rocas, suelos, hidrosfera y biosfera.

La exposición de las personas al arsénico se da principalmente por la inhalación, consumo de alimentos y de agua, contaminados con arsénico. Lo nocivo que resulta para la salud de las personas el consumo de agua contaminada por arsénico llevo a que los organismos de diferentes países trabajen establecer el límite de la cantidad arsénico en agua para el consumo, determinando así que esa cantidad no puede superar los 10 µg/L.

Así mismo se reconoce la presencia de arsénico en el agua por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos, descarga de los efluentes industriales y sedimentación atmosférica, en aquellas aguas superficiales que contienen grandes cantidades de oxígeno es más habitual la forma arsenical pentavalente llamada también arsenato, mientras que en los sedimentos de lagos o aguas subterráneas es más habitual la presencia del arsénico trivalente llamado también arsenito.

Los estados de oxidación que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son el trivalente y el pentavalente, siendo el trivalente el más lábil y biotóxico, mientras que los menos frecuentes son el  $As^0$ ,  $As^{-1}$  y  $As^{-2}$ , estando los estados de oxidación y su movilidad condicionados por las reacciones redox (potencial redox, Eh) y el pH. El medio principal por el cual el arsénico se esparce por el ambiente es el agua, variando mucho la concentración de arsénico en agua de acuerdo a sus formas en el suelo local.

En el Perú el Ministerio de Salud (2011) mediante el DS N° 031-2010-SA, estableció los límites máximos permisibles de parámetros de sustancias y elementos que se pueden encontrar presentes en el agua para el consumo humano, dentro de esos límites están los límites máximos permisibles de parámetros

químicos inorgánicos y orgánicos, estableciendo dentro de ellos que el límite permisible de arsénico presente en el agua para el consumo humano es de 0,010 mg/L<sup>-1</sup>.

#### **2.2.10. Carbón Activado.**

El carbón activado, de acuerdo con el Ministerio de Salud (2012), es un carbón poroso el cual es producido de manera artificial y tiene un elevado número de microporos, es decir poros de menos de 2 nanómetros, es por ello que el carbón activado goza de una muy alta área superficial la cual es equivalente a 500 m<sup>2</sup>, es esta característica en conjunto con la naturaleza química que poseen los átomos de carbono los que le dan al carbón activado la propiedad de adsorción.

Para Hernández, Otero, Falcón, & Yperman (2017) el carbón activado es un adsorbente muy versátil debido al tamaños y la distribución de sus poros, lo cual lo hace útil para purificar en fases elementos o sustancias en fases gaseosas y líquidas, así mismo su propiedad absorbente es atribuida a su superficie interna y a sus diversos grupos químicos superficiales.

Asi mismo Gómez, Wolfgang, & Rincón (2010) señalan que el carbón activado es un producto que posee una estructura porosa desarrollada y una elevada área superficial, las cuales hacen posible la adhesión de una gran cantidad de moléculas en su superficie mediante un proceso de adsorción, absorción que se da en los microporos y meso poros del carbón activado, mientras que los microporos son el canal para transportar las sustancias absorbidas en el interior de las partículas.

#### **2.2.8.4. Activación de carbón activado**

Las características del carbón resultante están fuertemente influenciadas por el grado de activación, por la naturaleza del agente activante y por el tiempo y temperatura de activación. (Martinez C. F., 2012, p. 24)

La activación de carbones se puede realizar básicamente por dos tipos: El conocido como la activación química y la física. (Martinez C. F., 2012, p. 21)

### ***Activación Física.***

La activación física comprender dos etapas:

- Pirólisis o carbonización, consiste en una calefacción a temperaturas relativamente bajas (generalmente entre 400-700°C) en atmosfera inerte, generalmente de nitrógeno o helio, para romper las uniones entre los átomos de carbono. Durante esta etapa se deshidrata el material y se eliminan los compuestos más volátiles, aumentando la proporción de átomos de carbono formando una estructura carbonosa. (Martinez C. F., 2012, p. 22)
- Activación o gasificación, consiste en un tratamiento oxidante a altas temperaturas (800-1100 °C) en presencia de agentes oxidantes, como vapor de agua, CO<sub>2</sub>, aire o una combinación de los mismos. Durante este proceso se abre y se desarrolla la porosidad en el material. (Martinez C. F., 2012, p. 23)

### ***Activación Química.***

La activación química, consiste en la reacción entre el sólido precursor de CA y el agente químico activante, en donde la concentración de los reactivos, la temperatura y el tiempo de activación determinan la extensión de la reacción. Esta activación transcurre generalmente en dos etapas. (Martinez C. F., 2012, p. 25)

- La primera etapa consiste en una impregnación química del material precursor con una disolución concentrada de un agente activante.
- La segunda etapa consiste en someter a la mezcla resultante a un proceso pirolítico, en el cual se produce

simultáneamente la carbonización y la activación del material.

La activación física presenta como principales inconvenientes respecto a la activación química que se obtiene menores rendimientos y que habitualmente se lleva a cabo a temperaturas altas. Por el contrario, la activación química tiene como principal desventaja la necesidad de un proceso posterior al tratamiento térmico. (Martinez C. F., 2012, p. 28)

#### **2.2.8.5. Agente Químicos utilizados para el proceso de Activación Química**

De los agentes químicos utilizados para el proceso de activación química ( $ZnCl_2$ ,  $H_3PO_4$ ,  $AlCl_3$ ,  $MgCl_2$ ,  $KOH$ ,  $NaOH$ , etc), los más empleados son  $ZnCl_2$ ,  $H_3PO_4$  y  $KOH$ .

Estos agentes deshidratantes producen un hinchamiento de las partículas durante el proceso de impregnación, ya que la degradación de la celulosa y la lignina esta catalizada por ácidos. (Martinez C. F., 2012, p. 26)

El ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) se emplea comúnmente para activar químicamente residuos orgánicos. Durante el proceso de impregnación se produce un aumento de la elasticidad de las partículas debido a que el ácido separa las fibras celulósicas, produciendo una despolimerización parcial de la hemicelulosa y la lignina, que conduce a un hinchamiento de la partícula y a una disminución de la resistencia mecánica del precursor. (Martinez C. F., 2012, p. 27)

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.**

### **2.3.1. Arsenobetaina.**

La arsenobetaina es la forma orgánica del arsénico, constituye la principal forma de arsénico presente en la dieta de los seres humanos, ya que está presente en algunos pescados, crustáceos, camarones, inclusive en algas, sin embargo y pese a ser absorbido de manera rápida este compuesto no llega a metabolizarse y se elimina rápidamente del organismo. (González, Meseguer, Mateos, & Vega, 2009, p. 95)

### **2.3.2. Toxicocinética.**

La toxicocinética, es el conjunto de procesos que forman el ciclo de tránsito de un producto tóxico por el organismo, que abarca la absorción, distribución, fijación y excreción de la sustancia tóxica, procesos en los cuales la molécula tóxica atraviesa por una serie de transformaciones bioquímicas. (Repetto & Repetto, 2009, p. 79)

### **2.3.3. Toxicodinamia.**

La toxicodinamia se refiere al análisis de todos los efectos bioquímicos y fisiológicos que origina un elemento tóxico en el organismo, lo cual se manifiesta a través de una serie de alteraciones manifiesta mediante una alteración del estado fisiológico. (Illescas, 2014, p. 458)

### **2.3.4. Biotransformación.**

La biotransformación es conocida como metabolismo xenobiótico, por ser un proceso que consiste en la conversión metabólica de los compuestos extraños que se encuentran dentro del organismo. (Stellman, 2012, p. 40)

### **2.3.5. Carcinógenos.**

El término carcinógenos hace referencia a las sustancias o las mezclas que provocan la aparición de cáncer en el organismo o

que incrementan las probabilidades de padecer de algún tipo de cáncer. (Huertas, 2016, p.10)

#### **2.3.6. PH.**

El pH se utiliza para determinar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa, así mismo se le designa como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion Hidrógeno. Su escala indica que cuando una solución presenta pH menor a 7 se consideran ácidas y cuando tienen un pH por encima de 7 son alcalinas o básicas, mientras que cuando poseen un pH igual a 7 se consideran neutrales, esto quiere decir que no son ni alcalinas ni ácidas, tal como es el caso del agua. (Vázquez & Rojas, 2016, p. 32)

#### **2.3.7. Procesos Metabólicos.**

Los procesos metabólicos son un conjunto de reacciones bioquímicas que se producen en las células, por medio de las cuales un organismo puede obtener y usar energía y compuestos que necesita para desarrollarse. (Gagnaten, y otros, 2015, p. 1)

#### **2.3.8. Reacción Redox.**

Las reacciones redox son reacciones de oxidación y reducción, o también llamadas reacciones óxido reducción, las cuales son reacciones químicas que abarcan la transferencia de electrones entre reactivos, lo cual origina cambios en los estados de oxidación, así mismo los electrones liberados por uno de los átomos los toma el otro tal como lo señala la ley de la conservación de la materia. (Muñoz, 2015, p. 105)



## **2.4. HIPÓTESIS.**

### **2.4.1. Hipótesis General.**

**H<sub>a</sub>:** El uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana es eficiente en la remoción de arsénico de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humana de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima, 2019.

**H<sub>0</sub>:** El uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana no es eficiente en la remoción de arsénico de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humana de la Comunidad Campesina San Marcos de la Aguada, Mala, Lima, 2019.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos.**

**H<sub>a1</sub>:** La características iniciales de las fuentes de agua subterránea es apto para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.

**H<sub>01</sub>:** La características iniciales de las fuentes de agua subterráneas no es apto para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.

**H<sub>a2</sub>:** Los parámetros operacionales influyen en el proceso de adsorción de arsénico mediante el carbón activado en aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.

**H<sub>02</sub>:** Los parámetros operacionales no influyen en el proceso de adsorción de arsénico mediante el carbón activado en aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.

**H<sub>a3</sub>**: La concentración del arsénico del agua tratada está por debajo de los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA.

**H<sub>03</sub>**: La concentración del arsénico del agua tratada no está por debajo de los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA.

## **2.5. VARIABLES.**

### **2.5.1. Variable Dependiente.**

Tratamiento de Aguas Subterráneas empleadas para el Consumo Humano

### **2.5.2. Variable Independiente.**

Remoción de Arsénico mediante el uso de Biofiltro.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES).

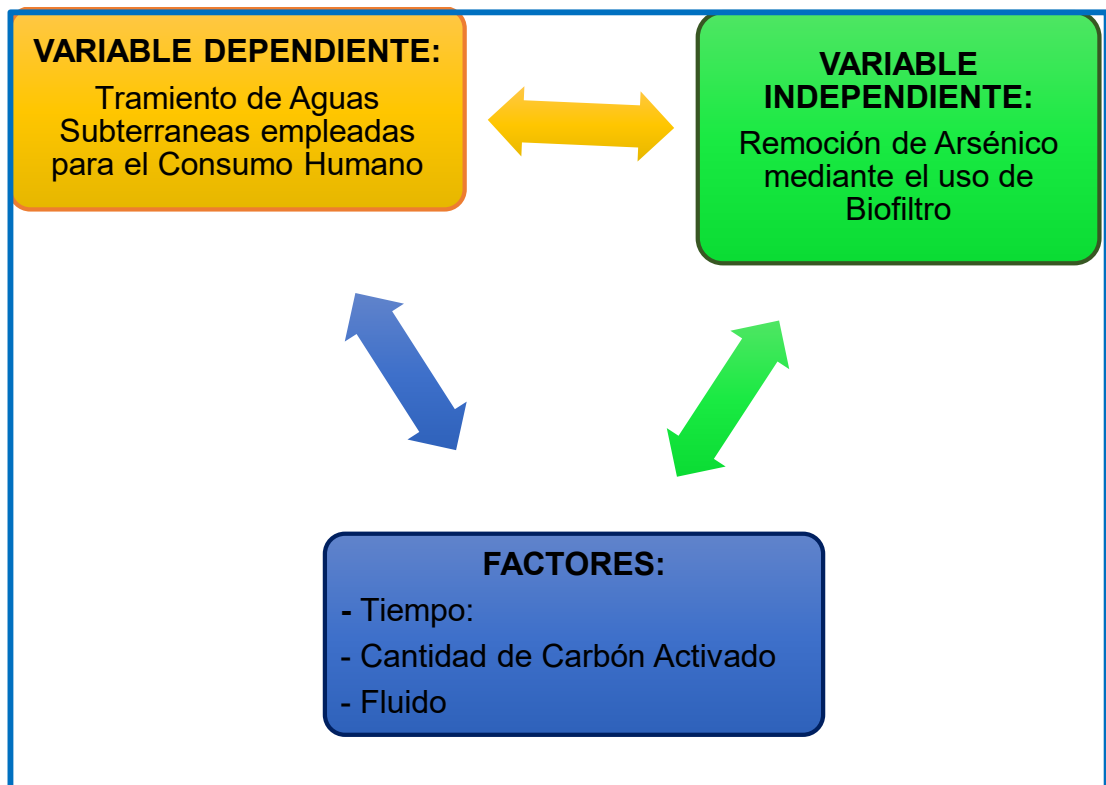
**TITULO:** Remoción de Arsénico mediante Biofiltro de Carbón Activado a base de Cáscara de Manzana para el tratamiento de Aguas Subterráneas empleadas para el Consumo Humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima, 2019.

**Tesista:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi

**Tabla 3**

*Operacionalización de Variables*

Variables	Conceptualización		Dimensión	Indicadores	Unidades	Fuentes De Datos
	Definición Conceptual	Definición Operacional				
<b>VD:</b> Tratamiento de Aguas Subterráneas empleadas para el consumo humano	Es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación	Se construirá un sistema de tratamiento que constará de un tanque de almacenamiento de agua que luego pasara por cuatro biofiltro de carbón activado, que servirá para la remoción de arsénico.	Carbón Activado a base de Cáscara de Manzana	Cantidad de Carbón Activado	g	Elaboración de Carbón Activado a base de Cáscara de Manzana.
<b>VI:</b> Remoción de Arsénico mediante el uso del biofilltro	Consiste en la extracción de metales pesados y otros elementos de soluciones acuosas diluidas, los cuales provienen de diversos procesos industriales o se encuentra de manera natural	La remoción de arsénico se medirá con el espectrofotómetro de la muestra de agua tomada en cada corrida experimental.	Caracterización del Agua Subterránea	Parámetros Físicos – Químico e Inorgánicos	mg/l, color, pH, °C, UNT	Resultados del Análisis de Laboratorio
			Parámetros Operacionales	Tiempo, Fluido, Cantidad del Adsorbente	Min, m <sup>3</sup> /min, g	Corridas Experimentales.
			Límites Máximos Permisibles	0.010 mg/l	mg/l	Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo D.S N° 031 – 2010 - SA



**Gráfico 1** Factores que intervienen en la Variable Dependiente e Independiente.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

La investigación es de tipo aplicada ya que buscó remover la concentración de arsénico que se encuentra en el agua de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada a través de un biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana. La investigación aplicada busca dar solución a problemas prácticos mediante la aplicación de la ciencia. (Hernández, 2014, p. 88).

##### **3.1.1. Enfoque de la Investigación.**

Según Roberto Hernández indica que el enfoque cuantitativo busca a través de recolección de datos o información probar teorías o comportamientos mediante la medición numérica y el análisis estadístico. Por ende esta investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que el biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana permitió remover la concentración de arsénico del agua de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima, para luego a través de la aplicación de una Prueba Estadística se demostró la eficiencia del biofiltro de Carbón Activado a base de cáscara de manzana.

##### **3.1.2. Alcance o Nivel de la Investigación.**

La investigación tiene un alcance explicativo porque se quiso demostrar la eficiencia del biofiltro de Carbón Activado a base de cáscara de manzana en la remoción de la concentración del Arsénico del agua de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada. El nivel explicativo se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se manifiesta o porque se relacionan dos o más variables. (Hernández, 2014, p. 95)

### 3.1.3. Diseño de la Investigación.

El diseño experimental es una situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o varias variables dependientes. (Hernández, 2014, p.129). Por ende la presente investigación tiene un diseño experimental por que se probó y demostró la eficiencia del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para la remoción del arsénico del agua de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

### 3.2.1. Población.

La población está constituida por las fuentes de aguas empleadas para el consumo humano en la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada. La población es un conjunto de todos los casos que concuerda con determinadas especificaciones. (Hernández, 2014, p. 174)

**Tabla 4**

*Coordenadas de ubicación del Área de influencia*

VÉRTICES	NORTE	ESTE	ALTITUD
01	8598423	322882	15
02	8599280	322882	19
03	8599280	324136	52
04	8598423	324136	41

**Nota:** *Vértices de ubicación del área de influencia que abarca todas las fuentes de aguas subterráneas empleadas por la comunidad de San Marcos de la Aguada.*

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.*

### 3.2.2. Muestra.

La muestra no probabilística son las que suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización.

(Hernández, 2014, p. 173). Por ende la investigación contó con una muestra de agua de un pozo subterráneo que presenta antecedentes de una concentración elevada de arsénico empleada para el consumo humano en la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

**Tabla 5**

*Estación de Monitoreo de pozo subterráneo*

<b>CÓDIGO DE LA ESTACIÓN</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>ALTITUD</b>
PZ-01	San Marcos de la Aguada, calle 28 Sur	8599197	324087	48

*Nota: Coordenadas de la ubicación del pozo subterráneo de donde se sacó la muestra de agua.*

*Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.*

### **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.3.1. Recolección de datos.**

La presente investigación utilizó la observación experimental ya que como pieza fundamental de su desarrollo tiene a la ejecución de un experimento para poder comprobar la eficiencia del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana para la remoción de la concentración del arsénico del agua. Para la recolección de datos se sacó una muestra de agua del pozo de agua subterránea seleccionado para la investigación, para luego realizar la caracterización del agua. Observando los resultados se trató el agua a través de un biofiltro con carbón activado a base de cáscara de manzana.

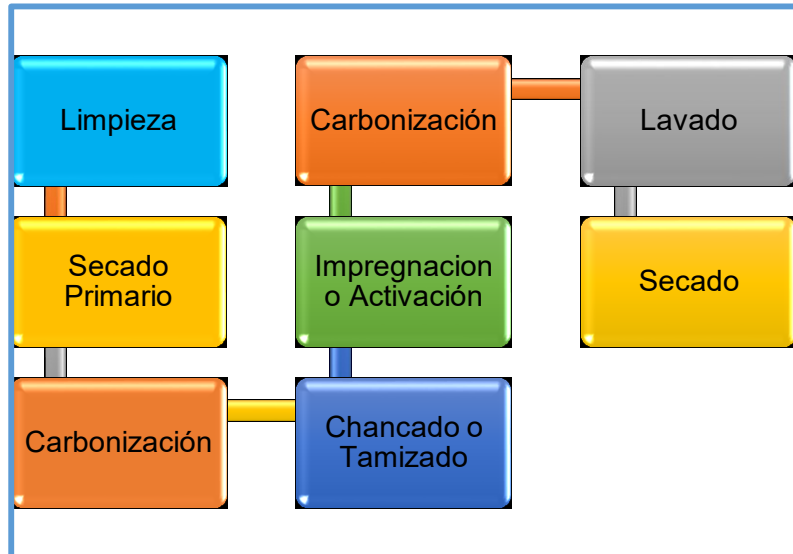
##### **3.3.1.1. Preparación del Carbón Activado a base de cáscara de manzana.**

- Primero, limpieza de las cáscaras de manzanas para quitar el resto de suciedad que pueda encontrarse.

- Segundo, se dejó secar a temperatura ambiente por un tiempo aproximado de 24 horas.
- Tercero, se colocó en una parrilla metálica las cáscaras de manzanas para su carbonización, en un tiempo aproximado de 12 horas.
- Cuarto, se retiraron los carbones obtenidos y se echaron a un recipiente para que se enfrié hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Quinto, se colocó las cáscaras de manzanas carbonizadas en un recipiente, donde se procedió a realizar el chancado y tamizado.
- Sexto, se procedió a pesar el carbón (sin activar) obteniendo una cantidad de 2.130 kg.
- Séptimo, el carbón (sin activar) se pasó a impregnar con ácido fosfórico ( $H_3PO_4$  al 85%) en una relación en masa 1:1; es decir que 2 kg de manzana se le agregó 2 litros de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$  al 85%).
- Octavo, se dejó reposar un tiempo aproximado de 24 horas.
- Noveno, luego la mezcla de carbón con el ácido fosfórico, se sometió al fuego por un tiempo de 8 horas.
- Decimo, se retiró el carbón activado obtenido y se colocó en recipiente para que se enfrié hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Undécimo, después de haber sido enfriados se realizó lavados sucesivos con agua destilada para eliminar el ácido fosfórico residual y alcanzar un pH entre 4 y 7.
- Duodécimo, se dejó secar el carbón activado a una temperatura ambiente, por un tiempo aproximado de 24 horas.
- Decimotercero, se construyó cuatro Biofiltros: primer Biofiltro no se colocó carbón activado, segundo y tercer Biofiltro se colocó 500 g de carbón activado, cuarto



Biofiltro se colocó 1 kg de carbón activado a base de cáscara de manzana para la remoción del arsénico del agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala.



**Gráfico 2** Proceso de Elaboración del Carbón Activado a base de Cáscara de Manzana. **Nota:** El informe de investigación intitulada Procedimiento para la Elaboración de Carbones Activos a partir de la Pulpa de Manzana para su utilización en Electrodo de Condensadores Eléctricos de Doble Capa (EDLC).

**Fuente:** Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Stoeckli.

### 3.3.1.2. Construcción del Biofiltro.

- Primero, se realizó un corte de 35 cm de altura al tubo de 6 pulgadas.
- Segundo, se cortó 5 cm al tubo de 35 cm de altura, de tal forma que solo quede 30 cm de altura del tubo.
- Tercero, el tubo de 5 cm de altura se colocó dentro del tubo de 30 cm. Este se colocó en la parte baja de uno de los lados del tubo.
- Cuarto, se procedió a pegar la tapa de 6 pulgadas en la parte baja del tubo de 30 cm, donde se ubicó el tubo de 5 cm de altura de tal forma que quede asegurada y uniforme.
- Quinto, se realizó la perforación de la tapa pegada en el tubo de 30 cm de altura con la ayuda del taladro, midiendo dicho diámetro ½ pulgadas.

- Sexto, se procedió a instalar un conector macho y conector hembra en la apertura realizada, esto permitió conectar el Biofiltro a un balde, en la cual caerá el agua tratada.
- Séptimo, se realizó dos perforaciones a la tapa de tubo de 6 pulgadas con medidas de  $\frac{1}{2}$  y 4 pulgadas respectivamente. Estas perforaciones se realizó al lado opuesto del tubo de 30 cm de altura.
- Octavo, se procedió a instalar los conectores macho y hembra en la apertura de  $\frac{1}{2}$  pulgada. Esto permitió conectar el cilindro con agua cruda al Biofiltro.
- Noveno, en la apertura de 4 pulgadas se instaló una tapa con rosca, esto permitió controlar la caída de agua cruda al Biofiltro.
- Décimo, se colocó dentro del tubo de 6 pulgadas un sistema de tuberías que consistía en dos uniones de  $\frac{1}{2}$  pulgada de 10 cm con rosca, a la cual se realizó 4 perforaciones pequeñas, acompañado de codos, tapas y tubos de  $\frac{1}{2}$  pulgada. Este sistema de tuberías permitió el ingreso del agua cruda y salida del agua tratada dentro del Biofiltro.
- Undécimo, se realizó un corte en forma circular a 4 tapas de plástico con un diámetro de 15 cm, de tal forma que estos ingresen dentro del tubo de 6 pulgadas. Las tapas cortadas fueron perforadas de forma homogénea, obteniendo rejillas.
- Duodécimo, se realizó un corte en forma circular a una esponja con diámetro de 15 cm, de tal forma que este ingrese dentro del tubo de 6 pulgadas.
- Decimotercero, al cilindro del 200 litros que contenía agua cruda se le realizó una perforación en la parte baja a un diámetro de  $\frac{1}{2}$  pulgada.

- Decimocuarto, se instaló un conector macho y hembra en la apertura que se realizó al cilindro de 200 litros, que permitió colocar conectoras como: tuberías, codos y válvulas de ½ pulgada.
- Decimoquinto, se realizó una perforación a un diámetro de ½ pulgada a las tapas de los baldes, que permitió el ingreso del agua tratada.
- Decimosexto, se instaló conectores macho y hembra en la apertura de las tapas de los baldes, que permitió colocar los conectoras como: tuberías, codos y válvulas de ½ pulgadas. Todo este sistema de tuberías servirá para el ingreso del agua tratada después de pasar por los Biofiltros.

#### 3.3.1.3. Armado de los Biofiltros

- Dentro del Biofiltro como primera capa se colocó grava. Esta capa sirvió como soporte, y facilitador para el paso del agua.
- De ahí se colocó una esponja. Esta esponja sirvió para retener cualquier partícula de carbón activado.
- Luego se colocó la primera tapa perforada. Esta permitió que el agua caiga dentro del Biofiltro de manera uniforme.
- Como segunda capa se colocó el carbón activado a base de cáscara de manzana. Esta capa sirvió como adsorbente.
- De ahí se colocó la segunda tapa perforada. Esta permitió que el agua caiga dentro del Biofiltro de manera uniforme.
- Como tercera capa se colocó la arena fina. Esta capa sirvió para retener cualquier partícula que contenga el agua cruda.

- Por último se colocó la tercera tapa perforada. Esta permitió que el agua cruda caiga dentro del Biofiltro de manera uniforme.

#### 3.3.1.4. **Procedimiento de Adsorción del Arsénico.**

- Primero, se tomó una muestra de agua del pozo subterráneo (PZ-01) empleada para el consumo humano en la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.
- Segundo, la muestra de agua tomada del pozo subterráneo se mandó a analizar al laboratorio de CERTIMIN. Esto permitió tener una caracterización inicial del agua.
- Tercero, se sacó una muestra de agua de 220 litros de agua del pozo subterráneo.
- Cuarto, la muestra de agua extraída se llenó en un cilindro de 200 lt, para luego empezar las corridas del tratamiento respectivo para remover la concentración de arsénico.
- Quinto, la muestra de agua extraída pasó por cada uno de los cuatro Biofiltros elaborados.
- Sexto, se tomaron muestras del agua tratada provenientes de cada uno de los biofiltros por un periodo de 7 días consecutivos. Se midieron los parámetros de Temperatura, PH, Oxígeno disuelto, Salinidad, conductividad y Solidos Totales Disueltos (TDS).
- Séptimo, las muestras de agua tratada tomadas en el primer día, tercer día y séptimo de cada uno de los biofiltros, se mandaron a analizar al laboratorio de CERTIMIN, para medir la concentración de arsénico.
- Octavo, obteniendo los resultados del laboratorio se pasó a compararlos con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 031-2010-SA

### 3.3.2. Presentación de Datos.

En la presente investigación se obtuvieron datos sobre los parámetros operacionales, así también de la concentración de arsénico antes y después de la aplicación del biofiltro del carbón activado a base de cáscara de manzana.

En la ejecución del proyecto de investigación se realizó los análisis de pH, Oxígeno Disuelto (OD), salinidad, conductividad, temperatura, sólidos totales disueltos, y la concentración del arsénico en el agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada. Así mismo se consideró parámetros operacionales (Caudal, cantidad de carbón activado, tiempo, volumen de agua tratada).

**Tabla 6**

*Pesos del Carbón Activado, Grava y Arena en los diferentes biofiltros*

Biofiltros	Primera capa Grava	Segunda capa Carbón	Tercera Capa Arena
F-A	2 Kilogramos	-	2 kilogramos
F-B1	2 Kilogramos	0.5 kilogramos	2 kilogramos
F-B2	2 Kilogramos	0.5 kilogramos	2 kilogramos
F-C	2 Kilogramos	1 kilogramo	2 kilogramos

**Nota:** Para la ejecución de la Investigación se elaboró cuatro biofiltros, la cual se diferenciaban por la cantidad de carbón activado y caudal de ingreso de agua, esto permitió remover la concentración del arsénico del agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi

### 3.3.3. Análisis e Interpretación de los datos.

En la investigación se obtuvieron datos sobre la concentración del arsénico del agua, la cual se realizó una medición antes y después del tratamiento a través de un biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana. Los datos obtenidos se analizaron

y se realizaron las gráficas en el software estadístico denominado SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales).

Para el análisis y comprobación de la hipótesis general planteada se utilizó la prueba Estadística de T – Student para una muestra, la cual comprobó la eficiencia del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana.

Así mismo se utilizó las Pruebas estadísticas como: Kolmogorov – Smirnov, ANOVA, T – Student para muestras independientes, U Mann – Whitney para comprobar si los parámetros operacionales identificados influyen en la remoción de arsénico.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.

##### 4.1.1. Caracterización Inicial de las Aguas Subterráneas.

##### 4.1.1.1. Comparación de los Resultados con Normativas

##### Nacionales

**Tabla 7**

*Parámetros Analizados en el Laboratorio*

Parámetros	Unidad	Resultados	D.S.	D.S.	Estado
			031-2010-SA	004-2017-MINAM A.1	
PH		7.7	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5	Cumple
Salinidad	%	0.49	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg/l	8.64	-	>=6	Cumple
Conductividad	µmho/cm	869.2	1500	1500	Cumple
turbidez	UNT	1	5	5	Cumple
Cloruro	mg/l	119.1	250	250	Cumple
TSD	mg/l	542	1000	1000	Cumple
Sulfatos	mg/l	104	250	250	Cumple
Dureza Total	CaCo3/l	271	500	500	Cumple
Plata	mg/l	0.00001	-	-	-
Aluminio	mg/l	0.034	0.2	0.9	Cumple
Arsénico	mg/l	0.0126	0.01	0.01	No Cumple
Boro	mg/l	0.525	1.5	2.4	Cumple
Bario	mg/l	0.01426	0.7	0.7	Cumple
Berilio	mg/l	<0.0003	-	0.012	Cumple
Bismuto	mg/l	<0.02	-	-	-
Calcio	mg/l	64.6	-	-	-
Cadmio	mg/l	<0.00005	0.003	0.003	Cumple
Cerio	mg/l	<0.02	-	-	-
Cobalto	mg/l	<0.00009	-	-	-
Cromo	mg/l	0.0037	0.05	0.05	Cumple
Cobre	mg/l	0.0007	2	2	Cumple
Hierro	mg/l	0.18	0.3	0.3	Cumple
Mercurio	mg/l	0.0005	0.001	0.001	Cumple
Potasio	mg/l	7.84	-	-	-
Litio	mg/l	<0.004	-	-	-
Magnesio	mg/l	26.78	-	-	-
Manganeso	mg/l	0.00544	0.4	0.4	Cumple
Molibdeno	mg/l	0.0041	0.07	0.07	Cumple
Sodio	mg/l	93.62	200	-	Cumple
Níquel	mg/l	<0.0005	0.02	0.07	Cumple
Fosforo	mg/l	<0.06	-	0.1	Cumple
Plomo	mg/l	0.00021	0.01	0.01	Cumple
Antimonio	mg/l	<0.0001	0.02	0.02	Cumple
Silicio	mg/l	33.94	-	-	-
Selenio	mg/l	0.004	0.01	-	Cumple
Estaño	mg/l	<0.0001	-	-	-
Estroncio	mg/l	0.1948	-	-	-
Titanio	mg/l	<0.01	-	-	-
Talio	mg/l	<0.0001	-	-	-
Uranio	mg/l	0.0023	0.015	0.02	Cumple

Vanadio	mg/l	0.04	-	-	-
Zinc	mg/l	0.021	3	3	Cumple
Sabor		Aceptable	Aceptable	-	Cumple
Olor		Aceptable	Aceptable	-	Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 ml	13	<1.8	-	No Cumple
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2400	<1.8	50	No Cumple

**Nota:** (-) En la columna de Estado significa NO SE PUEDE COMPARAR, DS. 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano), DS. 004-2017-MINAM (Estándar de Calidad Ambiental para el Agua).

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 7 se puede observar los parámetros analizados en el laboratorio CERTIMIN, la cual indica que los parámetros de arsénico, coliformes fecales y coliformes totales no cumple con el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano. Así mismo se observa que los demás parámetros están dentro del rango permitido. Llegando a la conclusión que el agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada no es apto para el Consumo Humano, porque no cumple con lo establecido en la Normativa DS. 031-2010-SA. Esto quiere decir que se acepta la hipótesis Nula y se rechaza la Hipótesis Alterna.

#### 4.1.1.2. Comparación de los Resultados con Normas Internacionales.

**Tabla 8**

*Comparación de los Parámetros Analizados con Normas Internacionales*

Parámetros	Unidad	Resultados	UNIÓN EUROPEO	OMS	Estado
PH		7.7	6.5 a 9.5	6.5 a 8.5	CUMPLE
Salinidad	%	0.49	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg/l	8.64	-	-	-
Conductividad	umho/cm	869.2	250	250	NO CUMPLE
turbidez	UNT	1	5	5	CUMPLE
Cloruro	mg/l	119.1	250	250	CUMPLE
TSD	mg/l	542	-	-	-
Sulfatos	mg/l	104	250	500	CUMPLE
Dureza Total	CaCo3/l	271	150 - 500	150 - 500	CUMPLE
Plata	mg/l	0.00001	-	-	-



Aluminio	mg/l	0.034	0.2	0.2	NO CUMPLE
Arsénico	mg/l	0.0126	0.01	0.01	NO CUMPLE
Boro	mg/l	0.525	1	0.3	CUMPLE
Bario	mg/l	0.01426	-	0.3	CUMPLE
Berilio	mg/l	<0.0003	-	-	CUMPLE
Bismuto	mg/l	<0.02	-	-	-
Calcio	mg/l	64.6	-	-	-
Cadmio	mg/l	<0.00005	0.005	0.003	CUMPLE
Cerio	mg/l	<0.02	-	-	-
Cobalto	mg/l	<0.00009	-	-	-
Cromo	mg/l	0.0037	0.05	0.05	CUMPLE
Cobre	mg/l	0.0007	2	2	CUMPLE
Hierro	mg/l	0.18	0.2	0.3	CUMPLE
Mercurio	mg/l	0.0005	0.001	0.001	CUMPLE
Potasio	mg/l	7.84	-	-	-
Litio	mg/l	<0.004	-	-	-
Magnesio	mg/l	26.78	-	-	-
Manganeso	mg/l	0.00544	0.05	0.5	CUMPLE
Molibdeno	mg/l	0.0041	-	0.07	CUMPLE
Sodio	mg/l	93.62	200	200	CUMPLE
Níquel	mg/l	<0.0005	0.02	0.02	CUMPLE
Fosforo	mg/l	<0.06	-	-	-
Plomo	mg/l	0.00021	0.01	0.01	CUMPLE
Antimonio	mg/l	<0.0001	0.005	0.005	CUMPLE
Silicio	mg/l	33.94	-	-	-
Selenio	mg/l	0.004	0.01	0.01	CUMPLE
Estaño	mg/l	<0.0001	-	-	-
Estroncio	mg/l	0.1948	-	-	-
Titanio	mg/l	<0.01	-	-	-
Talio	mg/l	<0.0001	-	-	-
Uranio	mg/l	0.0023	-	1.4	CUMPLE
Vanadio	mg/l	0.04	-	-	-
Zinc	mg/l	0.021	-	3	CUMPLE
Sabor		Aceptable	-	-	CUMPLE
Olor		Aceptable	-	-	CUMPLE
Coliformes fecales	NMP/100 ml	13	-	-	-
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2400	-	-	-

**Nota:** (-) En la columna de Estado significa NO SE PUEDE COMPARAR, OMS (Organización Mundial de la Salud).

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 8 se puede observar los parámetros analizados en el laboratorio CERTIMIN, la cual indica que los parámetros de arsénico, aluminio y conductividad no cumplen con las Normas Internacionales de la Unión Europea y la Organización Mundial de la Salud. Así mismo se observa que los demás parámetros están dentro del rango permitido. Llegando a la conclusión que el agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada no es apto para el Consumo Humano, porque no cumple con lo establecido en las Normativas Internacionales.

#### 4.1.2. Datos sobre los Parámetros Operacionales.

**Tabla 9**

*Tiempo, Adsorbente y Caudal.*

BIOFILTRO	DÍA	TIEMPO (min)	Adsorbente (g)	Caudal (L/min)
F-A	DÍA 1	1440	0	0.001006944
	DÍA 2	1440	0	0.000902778
	DÍA 3	1440	0	0.000430556
	DÍA 4	1440	0	0.000833333
	DÍA 5	1440	0	0.000520833
	DÍA 6	1440	0	0.000381944
	DÍA 7	1440	0	0.000694444
F-B <sub>1</sub>	DÍA 1	1440	500	0.001076389
	DÍA 2	1440	500	0.001006944
	DÍA 3	1440	500	0.000555556
	DÍA 4	1440	500	0.00125
	DÍA 5	1440	500	0.000541667
	DÍA 6	1440	500	0.000277778
	DÍA 7	1440	500	0.000972222
F-B <sub>2</sub>	DÍA 1	1440	500	0.0015625
	DÍA 2	1440	500	0.000833333
	DÍA 3	1440	500	0.001319444
	DÍA 4	1440	500	0.002222222
	DÍA 5	1440	500	0.000902778
	DÍA 6	1440	500	0.002638889
	DÍA 7	1440	500	0.002013889
F-C	DÍA 1	1440	1000	0.000833333
	DÍA 2	1440	1000	0.00125
	DÍA 3	1440	1000	0.001388889
	DÍA 4	1440	1000	0.000833333
	DÍA 5	1440	1000	0.000569444
	DÍA 6	1440	1000	0.000416667
	DÍA 7	1440	1000	0.000763889

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi*

En la tabla 9 se puede observar los parámetros operacionales (tiempo, cantidad de adsorbente y caudal). El Biofiltro A se consideró como el blanco del proyecto de investigación. Los biofiltros B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> tienen 500 g de carbón activado a base de cáscara de manzana cada uno diferenciándose en el caudal de ingreso, teniendo el biofiltro B<sub>2</sub> el doble de caudal que el biofiltro B<sub>1</sub>. El

biofiltro C tiene el doble de cantidad de adsorbente (1000g) que los biofiltros B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>.

**Tabla 10**

*Resultados de Oxígeno Disuelto (OD)*

BIOFILTRO	DÍA	Volumen de Agua Tratada (L)	OD (mg/l)
F-A	DÍA 1	1.45	9.24
	DÍA 2	1.3	9.25
	DÍA 3	0.62	9.24
	DÍA 4	1.2	9.24
	DÍA 5	0.75	9.21
	DÍA 6	0.55	9.05
	DÍA 7	1	9.27
F-B <sub>1</sub>	DÍA 1	1.55	9.54
	DÍA 2	1.45	9.35
	DÍA 3	0.8	9.24
	DÍA 4	1.8	9.21
	DÍA 5	0.78	9.16
	DÍA 6	0.4	9.08
	DÍA 7	1.4	9.3
F-B <sub>2</sub>	DÍA 1	2.25	9.29
	DÍA 2	1.2	9.26
	DÍA 3	1.9	9.31
	DÍA 4	3.2	9.26
	DÍA 5	1.3	9.19
	DÍA 6	3.8	9.34
	DÍA 7	2.9	9.32
F-C	DÍA 1	1.2	9.21
	DÍA 2	1.8	9.22
	DÍA 3	2	9.3
	DÍA 4	1.2	9.2
	DÍA 5	0.82	9.12
	DÍA 6	0.6	9.42
	DÍA 7	1.1	9.33

Fuente: *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi*

En el gráfico 3 se puede observar que el biofiltro B<sub>2</sub> presenta valores estables de oxígeno disuelto en comparación con el biofiltro B<sub>1</sub>, lo cual indica que el caudal influyó en dicho parámetro. El biofiltro C presenta un aumento y descenso del parámetro de oxígeno disuelto, contrario a los tres biofiltros indicando una etapa de saturación y una etapa de equilibrio en los otros biofiltros. Los biofiltros A y B<sub>1</sub> presentan una disminución en sus valores de oxígeno disuelto, lo cual señalaría la influencia de la cantidad de carbón activado en los niveles de oxígeno disuelto.

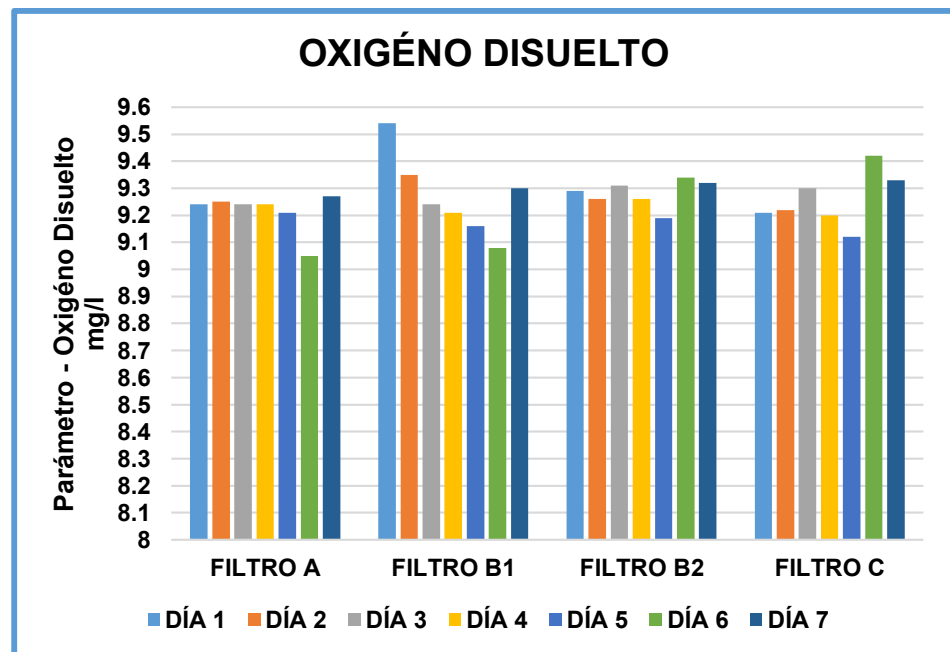


Gráfico 3 Resultados de Oxígeno Disuelto.

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi

**Tabla 11***Resultados de Sólidos Totales Disueltos*

<b>BIOFILTRO</b>	<b>DÍA</b>	<b>Volumen de Agua Tratada (L)</b>	<b>STD (mg/l)</b>
F-A	DÍA 1	1.45	1019
	DÍA 2	1.3	688
	DÍA 3	0.62	678
	DÍA 4	1.2	575
	DÍA 5	0.75	565
	DÍA 6	0.55	534
	DÍA 7	1	514
F-B <sub>1</sub>	DÍA 1	1.55	1655
	DÍA 2	1.45	773
	DÍA 3	0.8	675
	DÍA 4	1.8	605
	DÍA 5	0.78	582
	DÍA 6	0.4	575
	DÍA 7	1.4	550
F-B <sub>2</sub>	DÍA 1	2.25	1372
	DÍA 2	1.2	692
	DÍA 3	1.9	636
	DÍA 4	3.2	619
	DÍA 5	1.3	476
	DÍA 6	3.8	432
	DÍA 7	2.9	375
F-C	DÍA 1	1.2	2290
	DÍA 2	1.8	989
	DÍA 3	2	771
	DÍA 4	1.2	697
	DÍA 5	0.82	668
	DÍA 6	0.6	685
	DÍA 7	1.1	776

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi*

En el gráfico 4 se puede observar que los 4 biofiltros tienen una tendencia en reducir los niveles de STD. Así mismo se observa que el biofiltro B<sub>2</sub> alcanzó niveles más bajos en la reducción de STD en comparación con los otros 3 biofiltros, lo cual indica una mayor eficiencia en la remoción de sólidos totales disueltos a un doble caudal de ingreso. Los biofiltros B<sub>1</sub> y C presentaron valores aún mayores de STD que el biofiltro A (Blanco), lo cual indica su poca eficiencia en la remoción de sólidos totales disueltos a un mismo caudal de ingreso. El biofiltro C presenta a partir del sexto día un aumento en los niveles de STD, lo cual indica que el biofiltro ha entrado en una etapa de saturación y que requiere el cambio de los medios adsorbentes y filtrantes.

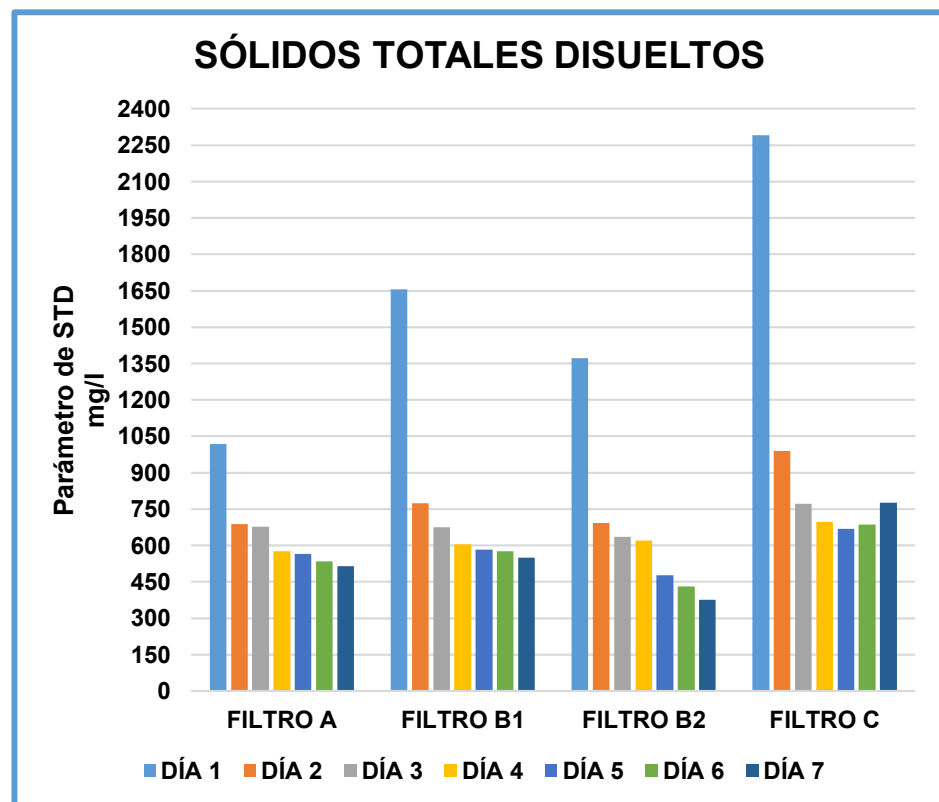


Gráfico 4 Resultados de Sólidos Totales Disueltos.

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi

**Tabla 12***Resultados de Salinidad*

<b>BIOFILTRO</b>	<b>DÍA</b>	<b>Volumen de Agua Tratada (L)</b>	<b>SALINIDAD (%)</b>
F-A	DÍA 1	1.45	1.3
	DÍA 2	1.3	0.69
	DÍA 3	0.62	0.68
	DÍA 4	1.2	0.57
	DÍA 5	0.75	0.56
	DÍA 6	0.55	0.53
	DÍA 7	1	0.51
F-B <sub>1</sub>	DÍA 1	1.55	1.68
	DÍA 2	1.45	0.78
	DÍA 3	0.8	0.68
	DÍA 4	1.8	0.61
	DÍA 5	0.78	0.58
	DÍA 6	0.4	0.56
	DÍA 7	1.4	0.55
F-B <sub>2</sub>	DÍA 1	2.25	1.39
	DÍA 2	1.2	0.7
	DÍA 3	1.9	0.64
	DÍA 4	3.2	0.62
	DÍA 5	1.3	0.48
	DÍA 6	3.8	0.43
	DÍA 7	2.9	0.37
F-C	DÍA 1	1.2	2.34
	DÍA 2	1.8	1
	DÍA 3	2	0.78
	DÍA 4	1.2	0.7
	DÍA 5	0.82	0.67
	DÍA 6	0.6	0.69
	DÍA 7	1.1	0.78

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi*

En el Grafico 5 se puede observar que los 4 biofiltros tienen una tendencia en reducir los niveles de salinidad. Así mismo se observa que el biofiltro B<sub>2</sub> alcanzó niveles más bajos en la reducción de salinidad en comparación con los otros 3 biofiltros, lo cual indica una mayor eficiencia en la remoción de la salinidad a un doble caudal de ingreso. Los biofiltros B<sub>1</sub> y C presentaron valores aún mayores de salinidad que el biofiltro A (Blanco), lo cual indica su poca eficiencia en la remoción de salinidad a un mismo caudal de ingreso. El biofiltro C presenta a partir del sexto día un aumento en los niveles de salinidad, lo cual indica que el biofiltro ha entrado en una etapa de saturación y que requiere el cambio de los medios adsorbentes y filtrantes.

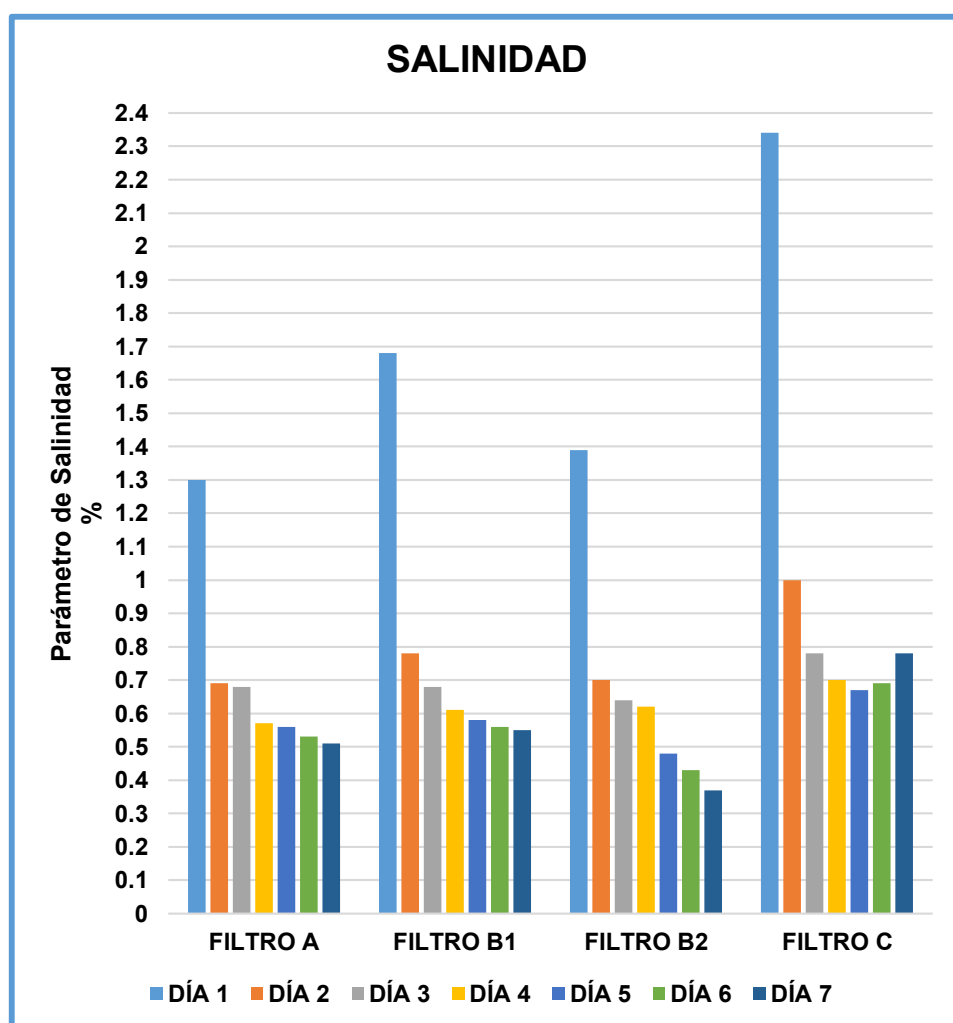


Gráfico 5 Resultados de Salinidad.

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi



**Tabla 13***Resultados de Conductividad*

BIOFILTRO	DÍA	Volumen de Agua Tratada (L)	CONDUCTIVIDAD (us/cm)
F-A	DÍA 1	1.45	1713
	DÍA 2	1.3	1202
	DÍA 3	0.62	1190
	DÍA 4	1.2	1009
	DÍA 5	0.75	1003
	DÍA 6	0.55	953
	DÍA 7	1	904
F-B <sub>1</sub>	DÍA 1	1.55	2730
	DÍA 2	1.45	1350
	DÍA 3	0.8	1176
	DÍA 4	1.8	1053
	DÍA 5	0.78	1040
	DÍA 6	0.4	1028
	DÍA 7	1.4	984
F-B <sub>2</sub>	DÍA 1	2.25	2340
	DÍA 2	1.2	1203
	DÍA 3	1.9	1109
	DÍA 4	3.2	1080
	DÍA 5	1.3	851
	DÍA 6	3.8	765
	DÍA 7	2.9	663
F-C	DÍA 1	1.2	3820
	DÍA 2	1.8	1695
	DÍA 3	2	1338
	DÍA 4	1.2	1228
	DÍA 5	0.82	1176
	DÍA 6	0.6	1195
	DÍA 7	1.1	1397

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi*

En el Grafico 6 se puede observar que los 4 biofiltros tienen una tendencia en reducir los niveles de conductividad. Así mismo se observa que el biofiltro B<sub>2</sub> alcanzó niveles más bajos en los niveles de conductividad en comparación con los otros 3 biofiltros, lo cual indica una mayor eficiencia a un doble caudal de ingreso. Los biofiltros B<sub>1</sub> y C presentaron valores aún mayores de conductividad que el biofiltro A (Blanco), lo cual indica su poca eficiencia en la reducción de la conductividad a un mismo caudal de ingreso. El biofiltro C presenta a partir del sexto día un aumento en los niveles de conductividad, lo cual indica que el biofiltro ha entrado en una etapa de saturación y que requiere el cambio de los medios adsorbentes y filtrantes.

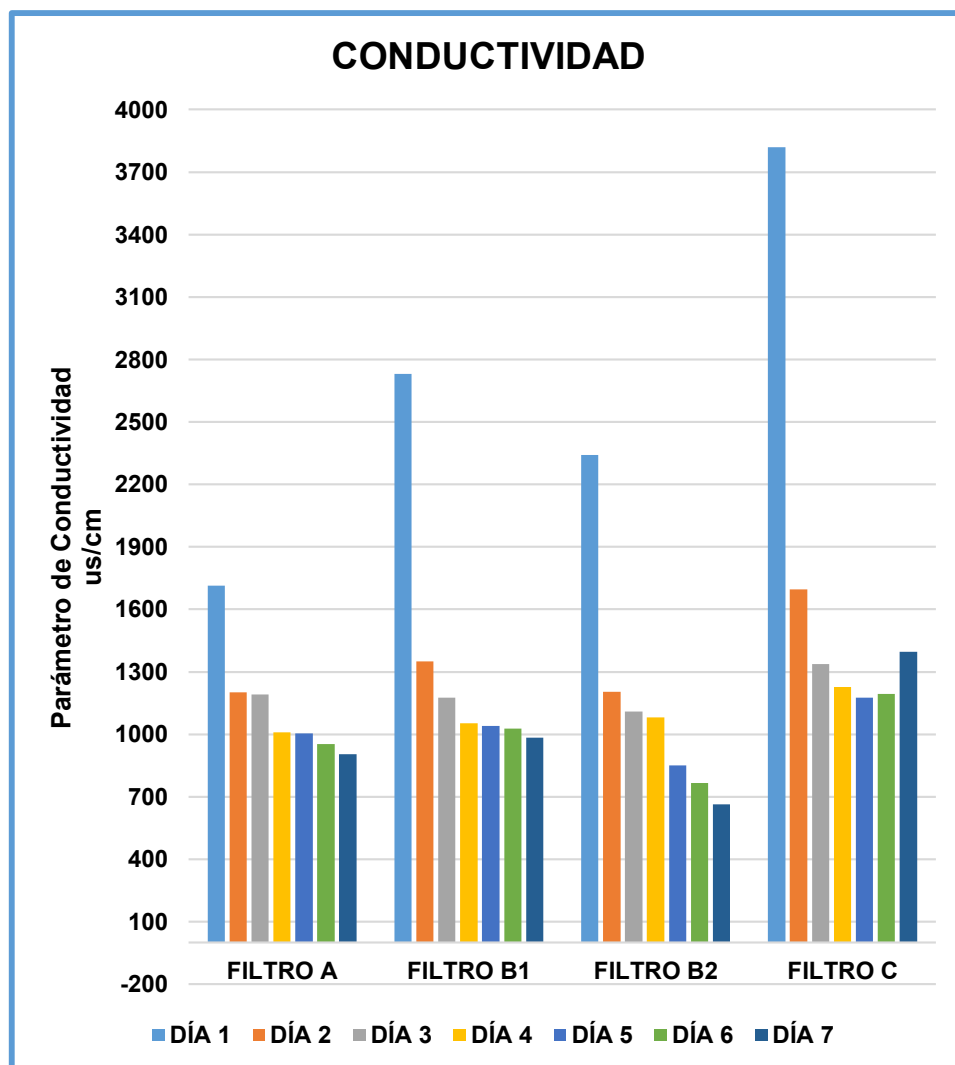


Gráfico 6 Resultados de Conductividad.

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi

**Tabla 14***Resultados de pH*

<b>BIOFILTRO</b>	<b>DÍA</b>	<b>Volumen de Agua Tratada (L)</b>	<b>PH</b>
F-A	DÍA 1	1.45	8
	DÍA 2	1.3	7.8
	DÍA 3	0.62	6.9
	DÍA 4	1.2	7.8
	DÍA 5	0.75	8.2
	DÍA 6	0.55	8.3
	DÍA 7	1	8.2
F-B <sub>1</sub>	DÍA 1	1.55	2.4
	DÍA 2	1.45	2.9
	DÍA 3	0.8	2.9
	DÍA 4	1.8	3
	DÍA 5	0.78	3.1
	DÍA 6	0.4	3.1
	DÍA 7	1.4	3.1
F-B <sub>2</sub>	DÍA 1	2.25	2.5
	DÍA 2	1.2	2.9
	DÍA 3	1.9	3
	DÍA 4	3.2	3.2
	DÍA 5	1.3	3.2
	DÍA 6	3.8	3.6
	DÍA 7	2.9	5.6
F-C	DÍA 1	1.2	2.3
	DÍA 2	1.8	2.6
	DÍA 3	2	2.7
	DÍA 4	1.2	2.8
	DÍA 5	0.82	2.8
	DÍA 6	0.6	2.9
	DÍA 7	1.1	2.7

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi*

En el Grafico 7 se puede observar que los biofiltros B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> Y C presentaron valores muy bajos de pH diferentes al biofiltro A (Blanco), lo cual indica la influencia del carbón activado en dicho parámetro. El biofiltro B<sub>2</sub> presentó un aumento considerable de su pH en comparación del biofiltro B<sub>1</sub>, debido a la influencia del caudal de agua sobre pH.

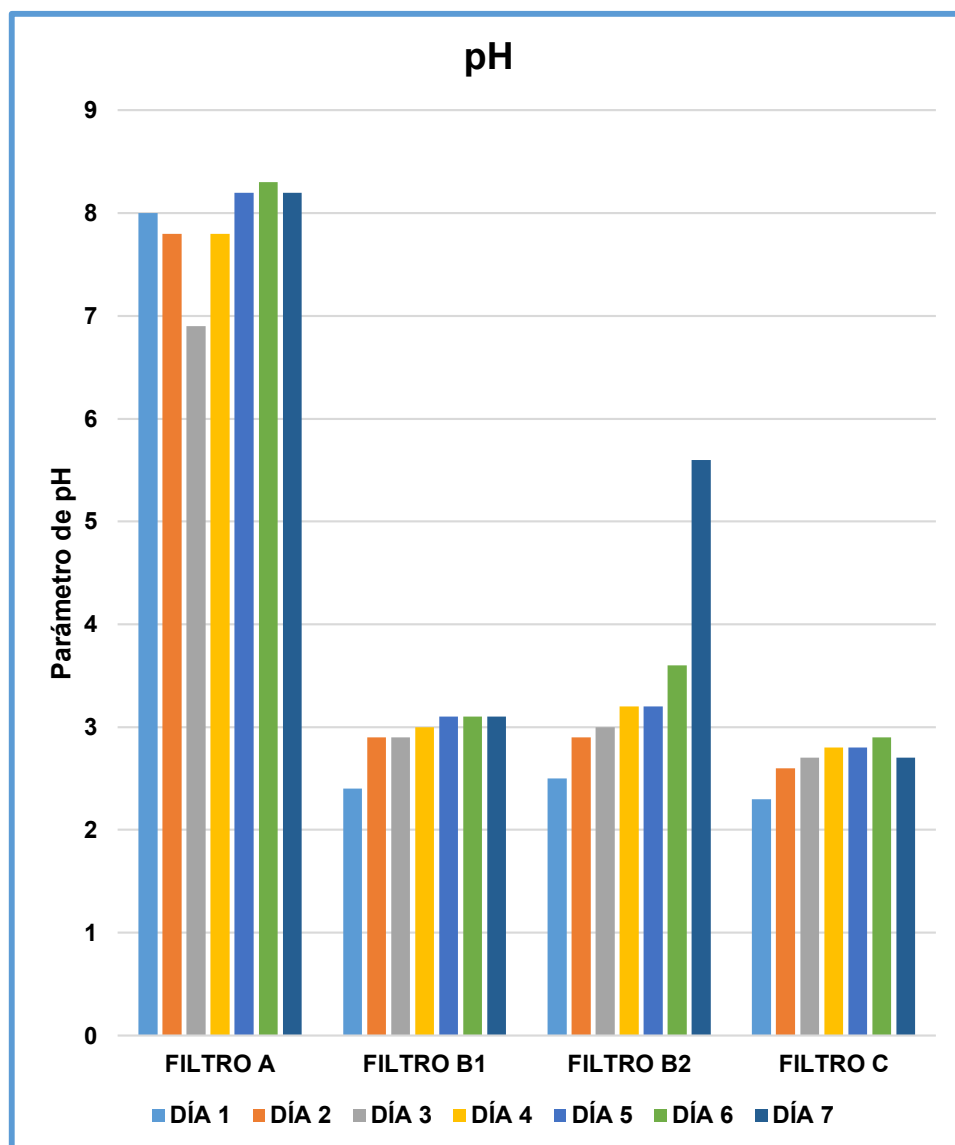


Gráfico 7 Resultados de pH.

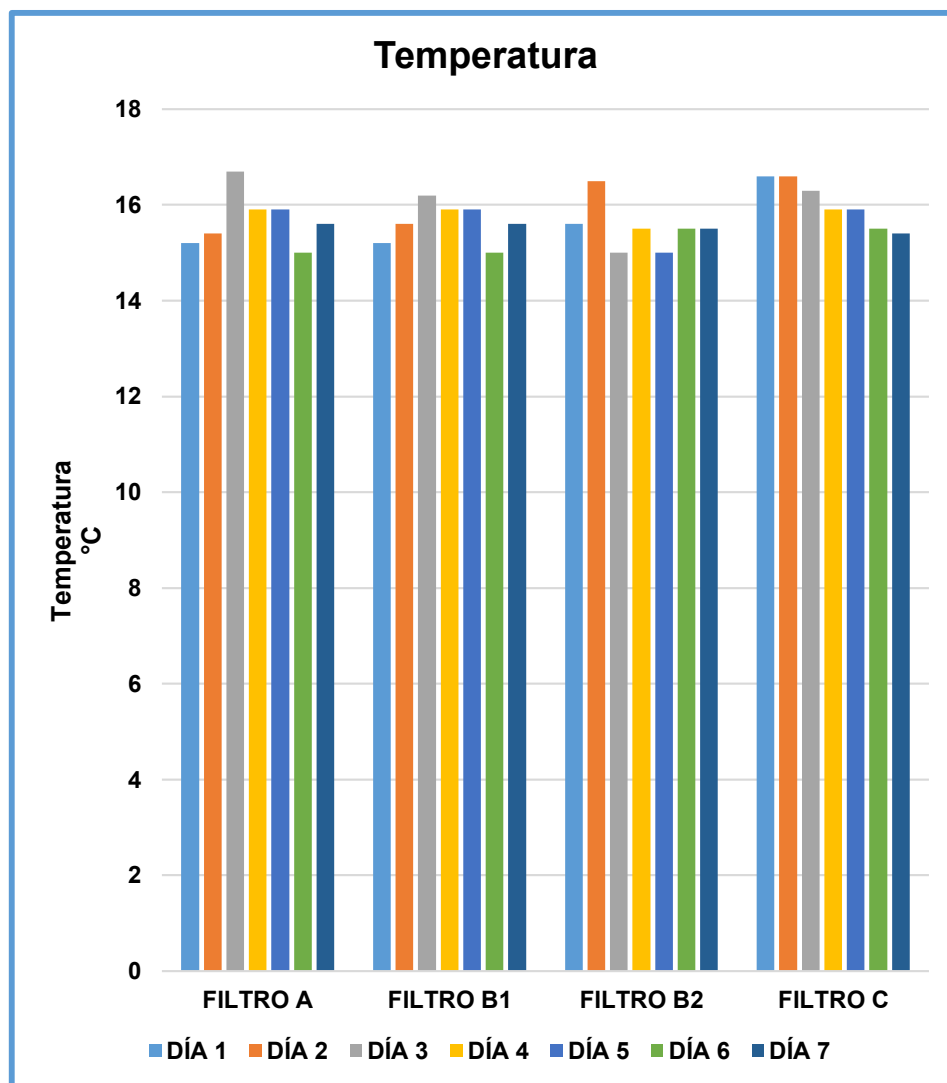
Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 15***Resultados de la Temperatura del Agua*

BIOFILTRO	DÍA	Volumen de Agua Tratada (L)	T (° C)
F-A	DÍA 1	1.45	15.2
	DÍA 2	1.3	15.4
	DÍA 3	0.62	16.7
	DÍA 4	1.2	15.9
	DÍA 5	0.75	15.9
	DÍA 6	0.55	15
	DÍA 7	1	15.6
F-B <sub>1</sub>	DÍA 1	1.55	15.2
	DÍA 2	1.45	15.6
	DÍA 3	0.8	16.2
	DÍA 4	1.8	15.9
	DÍA 5	0.78	15.9
	DÍA 6	0.4	15
	DÍA 7	1.4	15.6
F-B <sub>2</sub>	DÍA 1	2.25	15.6
	DÍA 2	1.2	16.5
	DÍA 3	1.9	15
	DÍA 4	3.2	15.5
	DÍA 5	1.3	15
	DÍA 6	3.8	15.5
	DÍA 7	2.9	15.5
F-C	DÍA 1	1.2	16.6
	DÍA 2	1.8	16.6
	DÍA 3	2	16.3
	DÍA 4	1.2	15.9
	DÍA 5	0.82	15.9
	DÍA 6	0.6	15.5
	DÍA 7	1.1	15.4

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi*

En el Gráfico 8 se puede observar datos sobre temperatura del agua, la cual no se aprecia cambios significativos después del tratamiento a través de la aplicación del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana y el biofiltro a base de arena y grava (blanco).



**Gráfico 8** Resultados de Temperatura del Agua.

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

#### 4.1.3. Resultados de la Concentración de Arsénico.

**Tabla 16**

*Resultados de la Concentración de Arsénico*

BIOFILTRO	DÍA	Tiempo (min)	Adsorbente (g)	Arsénico (mg/l)
F-A	DÍA 1	1440	0	0.031
	DÍA 3	4320	0	0.018
	DÍA 7	10080	0	0.008
F-B1	DÍA 1	1440	500	0.026
	DÍA 3	4320	500	0.012
	DÍA 7	10080	500	0.008
F-B2	DÍA 1	1440	500	0.014
	DÍA 3	4320	500	0.008
	DÍA 7	10080	500	0.008
F-C	DÍA 1	1440	1000	0.014
	DÍA 3	4320	1000	0.008
	DÍA 7	10080	1000	0.02

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.*

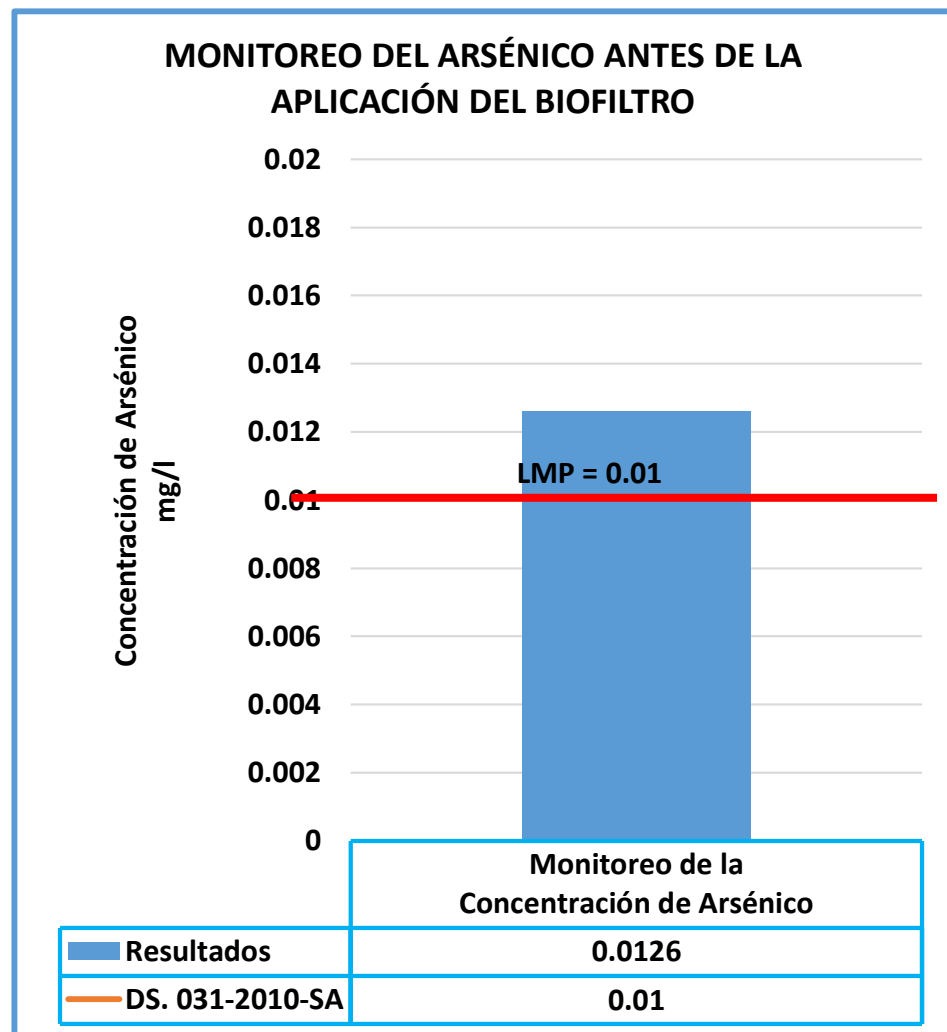
En la tabla 16 se observan resultados de la Concentración de Arsénico después del Tratamiento del Agua con la Aplicación del Biofiltro de Carbón Activado a base de cáscara de manzana y un biofiltro de arena y grava (Blanco).

- El biofiltro A (Blanco) muestra una disminución en la adsorción de la concentración de arsénico, la cual se puede decir que el biofiltro A también es efectivo para la remoción del Arsénico en el Agua subterránea.
- El biofiltro B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> (biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana) muestran una efectiva remoción de la concentración del arsénico en el agua subterránea los días que duró la ejecución del proyecto de investigación.
- El biofiltro C muestra una disminución de los niveles de concentración de arsénico, pero a partir del sexto día empieza a subir el nivel de arsénico indicando un inicio de saturación del biofiltro de Carbón Activado a base de cascara de manzana; donde significaría el cambio del biofiltro para la continuidad de

la remoción de arsénico en el agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

#### 4.1.4. Comparación de la Concentración de Arsénico con la Norma DS. 031-2010-SA.

En el gráfico 9 se observa el resultado del parámetro de Arsénico antes de la aplicación del Biofiltro de Carbón Activado a base de cáscara de manzana, la cual no cumple con el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano sobrepasando los Límites Máximos Permisibles en un valor de 0.0126 mg/l.



**Gráfico 9** Resultados de la Concentración de Arsénico antes de la Aplicación del Biofiltro de Carbón Activado.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi



En el gráfico 10 se puede observar lo siguiente:

- El biofiltro A (arena y grava) muestra una reducción en los niveles de concentración del Arsénico pero no significativamente, ya que a partir del séptimo día empieza a disminuir los niveles de arsénico y a cumplir con el reglamento establecido.
- El biofiltro B<sub>1</sub> (500 g de carbón activado) muestra la remoción de arsénico del agua subterránea, pero a partir del cuarto día recién empieza a disminuir los niveles de arsénico, cumpliendo con el Límite Máximo Permisibles de 0.01 mg/l.
- El biofiltro B<sub>2</sub> (500 g de carbón activado y doble de caudal que los demás biofiltros) muestra una adsorción significativa de la concentración de arsénico en el agua subterránea, ya que a partir del tercer día empieza a cumplir con los establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano. La cual significa que a mayor flujo del Agua será mayor la adsorción de la concentración de arsénico.
- El biofiltro C (1000 g de carbón activado) también redujo efectivamente el arsénico, mostrando los mismos valores del biofiltro B<sub>2</sub>, pero a partir del sexto día empieza a aumentar la concentración de arsénico, la cual significa la saturación del biofiltro del Carbón Activado a base de cáscara de manzana. Es decir que hasta el quinto día cumplió con el valor establecido de 0.01 mg/l, y a partir del sexto día incumplió con lo establecido en la normativa.

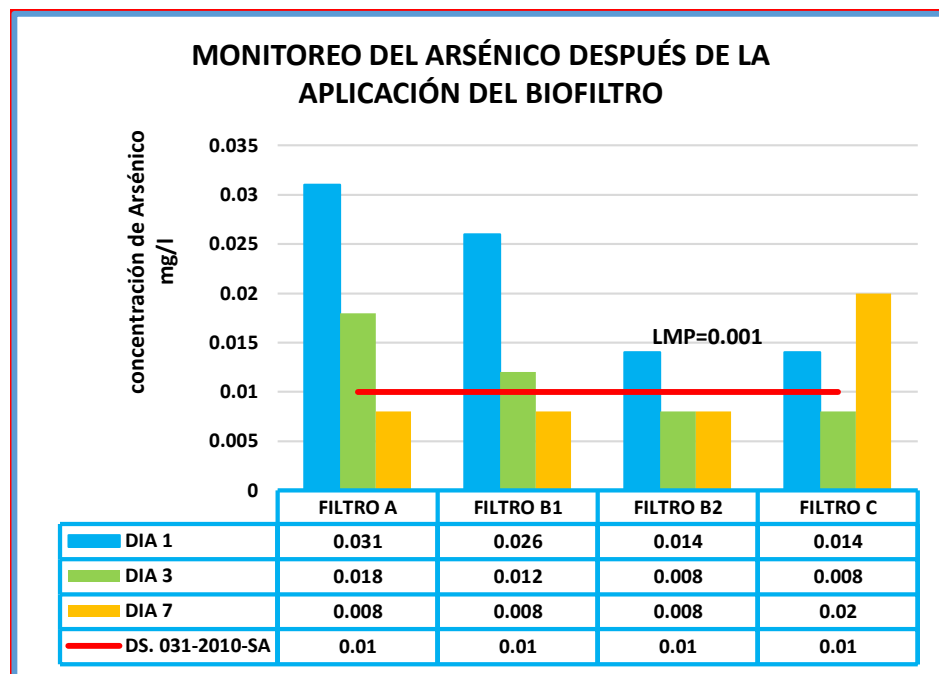


Gráfico 10 Resultados de la Concentración de Arsénico después de la Aplicación del Biofiltro de Carbón Activado.

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.

### 4.2.1. Datos Estadísticos de los Parámetros Operacionales

#### 4.2.1.1. Parámetro Operacional de Caudal

Tabla 17

Datos Descriptivos del Caudal

		TIPO DE BIOFILTROS	Estadístico	Desv. Error	
CAUDAL	BIOFILTRO A	Media	,00071064815	,000166586272	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,00000611473	
			Límite superior	,00142741103	
		Mediana	,00069444444		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	,000288535887		
	BIOFILTRO B <sub>1</sub>	Media	,00086805556	,000159117212	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,00018342945	
			Límite superior	,00155268166	
		Mediana	,00097222222		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	,000275599095		
	BIOFILTRO B <sub>2</sub>	Media	,00163194444	,000203453655	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,00075655402	
			Límite superior	,00250733487	
Mediana		,00156250000			
Varianza		,000			
Desv. Desviación		,000352392068			

	Media		,00099537037	,000197777864
BIOFILTRO C	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,00014440090	
		Límite superior	,00184633984	
	Mediana		,00083333333	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,000342561310	

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza del parámetro operacional del caudal.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

### Tabla 18

#### Prueba de Normalidad del Caudal

PARÁMETROS OPERACIONALES	TIPO DE BIOFILTROS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
CAUDAL	BIOFILTRO A	,998	3	,907
	BIOFILTRO B <sub>1</sub>	,893	3	,363
	BIOFILTRO B <sub>2</sub>	,971	3	,672
	BIOFILTRO C	,832	3	,194

**Nota:** Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras. Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios: **P – Valor** =>  $\alpha$  → Los datos provienen de una distribución normal y **P – Valor** <  $\alpha$  → Los datos No provienen de una distribución normal

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 18 se puede observar el nivel de significancia en el análisis de la normalidad del parámetro de caudal para los biofiltros A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C son mayores que 0.05; la cual significa que los resultados obtenidos de caudal provienen de una distribución normal. Para el análisis de este parámetro de usó una Prueba Paramétrica.

**Tabla 19***Interpretación de los Resultados de Caudal*

ANOVA					
CAUDAL					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	3	,000	4,890	,032
Dentro de grupos	,000	8	,000		
Total	,000	11			

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios:  $P - Valor \geq \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_0$  (Rechaza la  $H_1$ ) y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_1$  (Rechaza la  $H_0$ )

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 19 se puede observar el nivel de significancia que es 0.032 que es menor a 0.05. La cual indica que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la Hipótesis Nula. Llegando a la conclusión se comprueba que el caudal del agua a tratar influye en la remoción de arsénico, debido a que el biofiltro B<sub>2</sub> tenía el doble de caudal y esta demostró una adsorción significativa de arsénico que los demás biofiltros restantes.

**Tabla 20**

*Prueba de Post Hoc del Caudal*

COMPARACIONES MÚLTIPLES					
VARIABLE DEPENDIENTE: CAUDAL					
	(I) TIPO DE BIOFILTRO	(J) TIPO DE BIOFILTRO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Si g.
HSD Tukey	BIOFILTRO A	BIOFILTRO B <sub>1</sub>	-,000157407407	,000258436401	,926
		BIOFILTRO B <sub>2</sub>	-,000921296296	,000258436401	,030
		BIOFILTRO C	-,000284722222	,000258436401	,698
	BIOFILTRO B <sub>1</sub>	BIOFILTRO A	,000157407407	,000258436401	,926
		BIOFILTRO B <sub>2</sub>	-,000763888889	,000258436401	,071
		BIOFILTRO C	-,000127314815	,000258436401	,959
	BIOFILTRO B <sub>2</sub>	BIOFILTRO A	,000921296296	,000258436401	,030
		BIOFILTRO B <sub>1</sub>	,000763888889	,000258436401	,071
		BIOFILTRO C	,000636574074	,000258436401	,141
	BIOFILTRO C	BIOFILTRO A	,000284722222	,000258436401	,698
		BIOFILTRO B <sub>1</sub>	,000127314815	,000258436401	,959
		BIOFILTRO B <sub>2</sub>	-,000636574074	,000258436401	,141

**Nota:** La Prueba de Post Hoc nos ayuda a identificar en donde están las diferencias entre los tratamientos comparados para la remoción del arsénico. Para identificar las diferencias entre los tratamientos se buscó niveles de significancia menores al valor de 0.05.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 20 se puede observar que existe diferencia significativa de caudal entre los grupos de biofiltro B<sub>2</sub> y biofiltro A; esto quiere decir que a mayor caudal mayor será la cantidad de remoción de la concentración del arsénico en el agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

#### 4.2.1.2. Parámetro Operacional de pH

El parámetro de operacional de pH se agrupó por tres categorías como: ácido (0-6), neutro (7) y alcalino de (8-14). Para la agrupación de los datos obtenidos del pH se tomó en cuenta las escalas establecidas.

**Tabla 21**

##### *Datos Descriptivos del pH*

PARÁMETRO OPERACIONAL DE pH			Estadístico	Desv. Error
P H	ÁCIDO	Media	3,4100	,48977
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,3021
		Límite superior	4,5179	
	Mediana	2,8000		
	Varianza	2,399		
	Desv. Desviación	1,54880		
	ALCALINO	Media	8,1000	,10000
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	6,8294	
Límite superior		9,3706		
Mediana		8,1000		
Varianza		,020		
Desv. Desviación		,14142		

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza del parámetro operacional de pH.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 22**

##### *Prueba de Normalidad del pH*

pH		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
PH	ÁCIDO	,692	10	,001
	ALCALINO			

**Nota:** Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras. Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios:  $P - Valor \Rightarrow \alpha \rightarrow$  Los datos provienen de una distribución normal y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Los datos No provienen de una distribución normal.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 22 se puede observar el análisis de normalidad del parámetro de pH para las categorías de ácido y alcalino, la cual el nivel de significancia es 0.001 siendo menor a 0.05 indicando que los resultados obtenidos no provienen de una distribución normal. Para el análisis de estos resultados se usó una Prueba No Paramétrica.

**Tabla 23**

*Rangos de U de Mann - Whitney*

<b>Rangos</b>			
<b>pH</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>	<b>Suma de rangos</b>
ÁCIDO	10	5,50	55,00
ALCALINO	2	11,50	23,00
Total	12		

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 24**

*Interpretación de los Resultados de pH*

<b>Estadísticos de Prueba<sup>a</sup></b>	
	<b>PH</b>
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	55,000
Z	-2,152
Sig. asintótica(bilateral)	,031
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,030 <sup>b</sup>

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios:  $P - Valor \geq \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_0$  (Rechaza la  $H_1$ ) y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_1$  (Rechaza la  $H_0$ )

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 24 se puede observar el nivel de significancia que es 0.031 que es menor a 0.05. La cual indica que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la Hipótesis Nula. Llegando a la conclusión se puede decir que el pH estando más cerca a la escala de neutro influye positivamente en la

adsorción de la concentración del arsénico, cabe resaltar que el biofiltro B<sub>2</sub> empezó con un pH ácido y al transcurso de los días estuvo subiendo hasta llegar casi a un pH neutro, en la cual este biofiltro también obtuvo el mayor porcentaje de adsorción de la concentración del arsénico.

#### 4.2.1.3. **Parámetro Operacional de Salinidad**

El parámetro de operacional de salinidad se agrupó por dos categorías como: alto ( $\geq 1\%$ ) y bajo ( $< 1\%$ ). Para la agrupación de los datos obtenidos de salinidad se tomó en cuenta la modificación de la clasificación del USLS propuesta por el Comité de Consultores de la Universidad de California para Directrices de Calidad del Agua en 1972.

**Tabla 25**

*Datos Descriptivos de la Salinidad*

PARÁMETRO OPERACIONAL DE SALINIDAD			Estadístico	Desv. Error	
<b>SALINIDAD</b>		Media	,6325	,05182	
	<b>BAJO</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,5100	
			Límite superior	,7550	
		Mediana		,6600	
		Varianza		,021	
		Desv. Desviación		,14656	
			Media	1,6775	,23524
		<b>ALTO</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9288
			Límite superior	2,4262	
	Mediana			1,5350	
	Varianza			,221	
	Desv. Desviación			,47049	

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza del parámetro operacional de la salinidad.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.



**Tabla 26**

*Prueba de Normalidad de Salinidad*

SALINIDAD		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
SALINIDAD	BAJO	,914	8	,385
	ALTO	,877	4	,325

**Nota:** Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras. Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios: **P – Valor  $\Rightarrow \alpha$**  → Los datos provienen de una distribución normal y **P – Valor  $< \alpha$**  → Los datos No provienen de una distribución normal.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 26 se puede observar la prueba de normalidad del parámetro de salinidad donde el nivel de significancia de los grupos obtenidos es mayor a 0.05 que indica que los resultados provienen de una distribución normal. Para el análisis de estos resultados se usó una Prueba Paramétrica.

**Tabla 27**

*Prueba de Homogeneidad de Varianzas*

PARÁMETRO OPERACIONAL DE SALINIDAD		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
SALINIDAD	Se asumen varianzas iguales	4,716	,055
	No se asumen varianzas iguales		

**Nota:** La Prueba de Levene se utiliza para determinar que las muestras que se está utilizando cuentan con varianzas homogéneas o heterogéneas. Para esta Prueba se debe de cumplir con unos de los siguientes criterios: **P – Valor  $\Rightarrow \alpha$**  → Las varianzas son iguales

**P – Valor  $< \alpha$**  → Existe diferencia significativa entre las varianzas

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 27 se puede observar que el valor de significancia de los resultados de salinidad es 0.055 siendo mayor al nivel establecido, la cual quiere decir que las varianzas de las variables son iguales.

**Tabla 28**

*Interpretación de los Resultados de Salinidad*

PARÁMETRO OPERACIONAL	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
					Inferior	Superior	
SALINIDAD	Se asumen varianzas iguales						
	-	10	,000136	-1,04500	,17476	-1,43439	-,65561
	5,980						
No se asumen varianzas iguales							
-	3,2	,019	-1,04500	,24088	-1,77421	-,31579	
4,338	95						

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios: **P – Valor**  $\geq \alpha \rightarrow$  Acepta la H0 (Rechaza la H1) y **P – Valor**  $< \alpha \rightarrow$  Acepta la H1 (Rechaza la H0)

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

La Prueba de Levene indico que las variables son Homogéneas. En la tabla 28 se puede observar que el valor de significancia es 0.000136 siendo menor al valor de 0.05, la cual indica que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la Hipótesis Nula. Llegando a la conclusión se puede comprobar que el parámetro de Salinidad influye en la remoción de arsénico, ya que ha valores bajos de salinidad se observó una mayor eficiencia en la remoción de las partículas de arsénico.

#### 4.2.1.4. Parámetro Operacional de Adsorbente

**Tabla 29**

*Datos Descriptivos del Adsorbente*

CARBÓN ACTIVADO			Estadístico	Desv. Error
ADSORBENTE	0 gramos	Media	,00	,000
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,00
			Límite superior	,00
		Mediana	,00	
		Varianza	,000	
		Desv. Desviación	,000	
	500 gramos	Media	500,00	,000
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	500,00
			Límite superior	500,00
		Mediana	500,00	
		Varianza	,000	
		Desv. Desviación	,000	
1000 gramos	Media	1000,00	,000	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1000,00	
		Límite superior	1000,00	
	Mediana	1000,00		
	Varianza	,000		
	Desv. Desviación	,000		

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza del parámetro operacional del adsorbente.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 30**

*Interpretación de los Resultados de Adsorbente*

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	2	,000	,629	,555
Dentro de grupos	,001	9	,000		
Total	,001	11			

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios:  $P - Valor \geq \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_0$  (Rechaza la  $H_1$ ) y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_1$  (Rechaza la  $H_0$ )

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 30 se puede observar que el nivel de significancia es 0.555 siendo mayor que 0.05, la cual indica que se rechaza la hipótesis Alternativa. Llegando a la conclusión se comprueba que la cantidad de carbón

activado a base de cáscara de manzana no influye significativamente en la remoción del arsénico.

#### 4.2.1.5. Parámetro Operacional de Sólidos Totales Disueltos

El parámetro de operacional de sólidos totales disueltos se agrupó por dos categorías como: alto ( $\geq 1000$  mg/l) y bajo ( $< 1000$  mg/l). Para la agrupación de los datos obtenidos de salinidad se tomó en cuenta el Reglamento de Calidad del Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA.

**Tabla 31**

*Datos Descriptivos de Sólidos Totales Disueltos*

Parámetro Operacional	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	Estadístico	Desv. Error
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	Media		668,13
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	536,99
		Límite superior	799,26
	BAJO		
	Mediana		712,00
	Varianza		24604,696
	Desv. Desviación		156,859
	ALTO		
	Media		1584,00
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	728,26
	Límite superior	2439,74	
	Mediana	1513,50	
	Varianza	289215,333	
	Desv. Desviación	537,787	

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza del parámetro operacional de los sólidos totales disueltos.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 32**

*Prueba de Normalidad de Sólidos Totales Disueltos*

PARÁMETRO OPERACIONAL	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	BAJO	,917	8	,409
	ALTO	,977	4	,883

**Nota:** Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras. Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios:  $P - Valor \Rightarrow \alpha \rightarrow$  Los datos provienen de una distribución normal y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Los datos No provienen de una distribución normal.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 32 se puede observar la prueba de normalidad del parámetro de sólidos totales disueltos donde el nivel de significancia de los grupos obtenidos es mayor a 0.05 que indica que los resultados provienen de una distribución normal. Para el análisis de estos resultados se usó una Prueba Paramétrica.

**Tabla 33**

*Prueba de Homogeneidad de Varianzas*

PARÁMETRO OPERACIONAL		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	Se asumen varianzas iguales	5,991	,034
	No se asumen varianzas iguales		

**Nota:** La Prueba de Levene se utiliza para determinar que las muestras que se está utilizando cuentan con varianzas homogéneas o heterogéneas. Para esta Prueba se debe de cumplir con unos de los siguientes criterios:  $P - Valor \Rightarrow \alpha \rightarrow$  Las varianzas son iguales

$P - Valor < \alpha \rightarrow$  Existe diferencia significativa entre las varianzas

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 33 se puede observar que el valor de significancia de los resultados de sólidos totales disueltos es 0.034 siendo menor a 0.05, la cual quiere decir que las varianzas de las variables son heterogéneas.

**Tabla 34**

*Interpretación de los Resultados de Sólidos Totales Disueltos*

PARÁMETRO OPERACIONAL	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
						Inferior	Superior	
PTD	Se	-	10	,001	-915,875	197,473	-1355,872	-
	asumen	4,6						475,878
	varianzas	38						
	iguales							
	No se	-	3,2	,039	-915,875	274,553	-1751,741	-80,009
	asumen	3,3	58					
	varianzas	36						
	iguales							

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios:  $P - Valor \geq \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_0$  (Rechaza la  $H_1$ ) y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_1$  (Rechaza la  $H_0$ )

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

La Prueba de Levene indico que las variables son Heterogéneas. En la tabla 34 se puede observar que el valor de significancia es 0.039 siendo menor al valor de 0.05, la cual indica que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la Hipótesis Nula. Llegando a la conclusión se puede comprobar que el parámetro de Sólidos Totales Disueltos influye en la remoción de arsénico, ya que ha valores bajos de STD se observó una menor concentración de las partículas de arsénico en el agua tratada.

#### 4.2.1.6. Parámetro Operacional de Conductividad

El parámetro de operacional de conductividad se agrupó por dos categorías como: alto ( $\geq 1500$  us/cm) y bajo ( $< 1500$  us/cm). Para la agrupación de los datos obtenidos

de conductividad se tomó en cuenta el Reglamento de Calidad del Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA.

**Tabla 35**

*Datos Descriptivos de Conductividad*

CONDUCTIVIDAD			Estadístico	Desv. Error	
<b>CONDUCTIVIDAD</b>		Media	2650,75	442,471	
	<b>MAYOR A 1500</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1242,61	
			Límite superior	4058,89	
		Mediana		2535,00	
		Varianza	783122,250		
		Desv. Desviación	884,942		
		Media	1169,88	96,309	
	<b>MENOR A 1500</b>	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	942,14	
			Límite superior	1397,61	
		Mediana		1238,00	
		Varianza	74202,696		
		Desv. Desviación	272,402		

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza del parámetro operacional de Conductividad.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 36**

*Prueba de Normalidad de Conductividad*

PARÁMETRO OPERACIONAL	CONDUCTIVIDAD	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	<b>MAYOR A 1500</b>	,974	4	,868
	<b>MENOR A 1500</b>	,923	8	,458

**Nota:** Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras. Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios:  $P - Valor \Rightarrow \alpha \rightarrow$  Los datos provienen de una distribución normal y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Los datos No provienen de una distribución normal.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 36 se puede observar el nivel de significancia de los grupos obtenidos es mayor a 0.05 que indica que los resultados provienen de una distribución normal. Para el análisis de estos resultados se usó una Prueba Paramétrica.

**Tabla 37**

*Prueba de Homogeneidad de Varianzas*

<b>Prueba de Levene de igualdad de varianzas</b>		
<b>PARÁMETRO OPERACIONAL</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	4,791	,053
Se asumen varianzas iguales		
No se asumen varianzas iguales		

**Nota:** La Prueba de Levene se utiliza para determinar que las muestras que se está utilizando cuentan con varianzas homogéneas o heterogéneas. Para esta Prueba se debe de cumplir con unos de los siguientes criterios: **P – Valor  $\Rightarrow \alpha$**  → Las varianzas son iguales  
**P – Valor  $< \alpha$**  → Existe diferencia significativa entre las varianzas

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 37 se puede observar que el valor de significancia de los resultados de conductividad es 0.053 siendo mayor a 0.05, la cual quiere decir que las varianzas de las variables son homogéneas.



**Tabla 38***Interpretación de los Resultados de Conductividad*

PARÁMETRO OPERACIONAL	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
						Inferior	Superior	
CONDUCTIVIDAD	Se asumen varianzas iguales	4,515	10	,001	1480,875	327,993	750,061	2211,689
	No se asumen varianzas iguales	3,270	3,288	,041	1480,875	452,831	108,573	2853,177

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios:  $P - Valor \geq \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_0$  (Rechaza la  $H_1$ ) y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_1$  (Rechaza la  $H_0$ )

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 38 se puede observar que el valor de significancia es 0.001 siendo menor al valor de 0.05, la cual indica que se acepta la Hipótesis Alterna y se rechaza la Hipótesis Nula. Llegando a la conclusión se puede comprobar que el parámetro de Conductividad influye en la remoción de arsénico, ya que ha valores bajos de conductividad se observó una menor concentración de las partículas de arsénico en el agua tratada.

#### 4.2.1.7. Parámetro Operacional de Oxígeno Disuelto

El parámetro de operacional de Oxígeno Disuelto se agrupó por dos categorías como: alto ( $\geq 6$ ) y bajo ( $< 6$ ). Para la agrupación de los datos obtenidos de oxígeno disuelto se tomó en cuenta el Estándar de Calidad Ambiental para el Agua – DS. 004-2017-MINAM

**Tabla 39***Datos Descriptivos de Oxígeno Disuelto*

OXIGENO DISUELTO		Estadístico	Desv. Error
<b>OXIGENO DISUELTO</b>	Media		9,3058 ,02388
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	9,2533 9,3584
	Mediana		9,3000
	Varianza		,007
	Desv. Desviación		,08273

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza del parámetro operacional de Oxígeno Disuelto.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 40***Prueba de Normalidad de Oxígeno Disuelto*

OXIGENO DISUELTO	OXIGENO DISUELTO	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
OXIGENO DISUELTO	MAYOR A 6	,760	12	,003

**Nota:** Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras. Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios: **P – Valor** =>  $\alpha$  → Los datos provienen de una distribución normal y **P – Valor** <  $\alpha$  → Los datos No provienen de una distribución normal.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 40 se puede observar el nivel de significancia del resultado es 0.003 siendo menor a 0.05 que indica que los resultados no provienen de una distribución normal. Para el análisis de estos resultados se usó una Prueba No Paramétrica.

**Tabla 41***Interpretación de los Resultados de Oxígeno Disuelto*

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		
OXIGENO DISUELTO		
N		12
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	9,3058
	Desv. Desviación	,08273
Máximas diferencias extremas	Absoluto	,302
	Positivo	,302
	Negativo	-,130
Estadístico de prueba		,302
Sig. asintótica(bilateral)		,003 <sup>c</sup>

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios:  $P - Valor \geq \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_0$  (Rechaza la  $H_1$ ) y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Acepta la  $H_1$  (Rechaza la  $H_0$ )

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 41 se puede observar que el valor de significancia es 0.003 siendo menor al valor de 0.05, la cual indica que se acepta la Hipótesis Alternativa y se rechaza la Hipótesis Nula. Llegando a la conclusión se puede comprobar que el parámetro de oxígeno disuelto influye en la remoción de arsénico, ya que ha valores bajos de OD se observó una menor concentración de las partículas de arsénico en el agua tratada.

#### 4.2.1.8. Parámetro Operacional de Temperatura.

**Tabla 42***Datos Descriptivos de Temperatura*

TIPOS DE BIOFILTROS			Estadístico	Desv. Error	
TEMPERATURA	BIOFILTRO A	Media	15,8333	,44845	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	13,9038	
		Límite superior	17,7629		
		Mediana	15,6000		
		Varianza	,603		
		Desv. Desviación	,77675		
		Media	15,6667	,29059	

BIOFILTRO B1	95% de	Límite	14,4163	
	intervalo de	inferior		
	confianza	Límite	16,9170	
	para la media	superior		
	Mediana		15,6000	
	Varianza		,253	
	Desv. Desviación		,50332	
<hr/>				
	Media		15,3667	,18559
BIOFILTRO B2	95% de	Límite	14,5681	
	intervalo de	inferior		
	confianza	Límite	16,1652	
	para la media	superior		
	Mediana		15,5000	
	Varianza		,103	
	Desv. Desviación		,32146	
<hr/>				
	Media		16,1000	,36056
BIOFILTRO C	95% de	Límite	14,5487	
	intervalo de	inferior		
	confianza	Límite	17,6513	
	para la media	superior		
	Mediana		16,3000	
	Varianza		,390	
	Desv. Desviación		,62450	

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza del parámetro operacional de Oxígeno Disuelto.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 43**

*Prueba de Normalidad de Temperatura*

PARÁMETROS OPERACIONAL ES	TIPO DE BIOFILTROS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
TEMPERATUR A	BIOFILTRO A	,932	3	,497
	BIOFILTRO B <sub>1</sub>	,987	3	,780
	BIOFILTRO B <sub>2</sub>	,871	3	,298
	BIOFILTRO C	,923	3	,463

**Nota:** Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras. Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios:  $P - Valor \Rightarrow \alpha \rightarrow$  Los datos provienen de una distribución normal y  $P - Valor < \alpha \rightarrow$  Los datos No provienen de una distribución normal.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 43 se puede observar el nivel de significancia del parámetro de Temperatura de los biofiltros A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C es mayor al valor de 0.05; esto quiere decir que los datos provienen de una distribución normal. Para el análisis de estos resultados se usó una Prueba Paramétrica.

**Tabla 44**

*Interpretación de los Resultados de Temperatura*

<b>ANOVA</b>					
<b>TEMPERATURA</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	,849	3	,283	,839	,510
Dentro de grupos	2,700	8	,338		
Total	3,549	11			

**Fuente:** *Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi*

En la tabla 44 se puede observar el nivel de significancia con un valor de 0.510, la cual indica que no se ha podido demostrar la Hipótesis Alternativa. Llegando a la conclusión se comprueba que la temperatura no influye en la remoción del arsénico.

#### 4.2.2. Prueba de la Hipótesis General

**Tabla 45**

*Datos Descriptivos de la Concentración de Arsénico*

		<b>TIPOS DE BIOFILTROS</b>	<b>Estadístico</b>	<b>Desv. Error</b>	
CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO	BIOFILTRO A	Media	,01900	,006658	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,00965	
		Límite superior	,04765		
		Mediana	,01800		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	,011533		
		Media	,01533	,005457	

BIOFILTRO B1	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,00815	
		Límite superior	,03881	
	Mediana		,01200	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,009452	
	Media		,00933	,002404
BIOFILTRO B2	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,00101	
		Límite superior	,01968	
	Mediana		,00800	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,004163	
	Media		,01400	,003464
BIOFILTRO C	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,00090	
		Límite superior	,02890	
	Mediana		,01400	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,006000	
	Media		,01400	,003464

**Nota:** En la tabla se encuentran datos estadísticos como la media, mediana, desviación estándar, varianza de los datos de la Concentración de Arsénico.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

**Tabla 46**

*Prueba de Normalidad de la Concentración de Arsénico*

DATOS	TIPOS DE BIOFILTROS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO	BIOFILTRO A	,994	3	,856
	BIOFILTRO B1	,907	3	,407
	BIOFILTRO B2	,923	3	,463
	BIOFILTRO C	1,000	3	1,000

**Nota:** Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras. Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios: **P – Valor** =>  $\alpha$  → Los datos provienen de una distribución normal y **P – Valor** <  $\alpha$  → Los datos No provienen de una distribución normal.

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 46 se puede observar el nivel de significancia de la concentración de arsénico de los biofiltros A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C es mayor al valor de 0.05; esto quiere decir que los datos provienen de una

distribución normal. Para el análisis de estos resultados se usó una Prueba Paramétrica.

**Tabla 47**

*Interpretación de la Eficiencia del Biofiltro B<sub>1</sub>*

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = .019						
DATOS	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO	-,672	2	,571	-,003667	-,02715	,01981

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios: **P** – **Valor**  $\geq \alpha$  → Acepta la H<sub>0</sub> (Rechaza la H<sub>1</sub>) y **P** – **Valor**  $< \alpha$  → Acepta la H<sub>1</sub> (Rechaza la H<sub>0</sub>)

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 47 se puede observar que el nivel de significancia de los resultados de la concentración de arsénico en el biofiltro B<sub>1</sub> es 0.571, la cual indica que no se ha podido demostrar la hipótesis alterna. Llegando a la conclusión se puede decir que el biofiltro B<sub>1</sub> removió la concentración de arsénico; pero no presentó una eficiencia significativa.

**Tabla 48**Interpretación de Eficiencia del Biofiltro B<sub>2</sub>

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = .019						
DATOS	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO	-4,500	2	,046	-,009000	-,01761	-,00039

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios: **P – Valor  $\geq \alpha$**  → Acepta la H<sub>0</sub> (Rechaza la H<sub>1</sub>) y **P – Valor  $< \alpha$**  → Acepta la H<sub>1</sub> (Rechaza la H<sub>0</sub>)

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.

En la tabla 48 se puede observar que el nivel de significancia de los resultados de la concentración de arsénico en el biofiltro B<sub>2</sub> es 0.046 siendo menor a 0.05, la cual indica que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. Llegando a la conclusión se puede decir que el biofiltro B<sub>2</sub> removió la concentración de arsénico eficientemente.

**Tabla 49**

Interpretación de la Eficiencia del Biofiltro C

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = .019						
DATOS	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO	-1,443	2	,286	-,005000	-,01990	,00990

**Nota:** Para aceptar la hipótesis planteada se deberá cumplir con dos criterios: **P – Valor  $\geq \alpha$**  → Acepta la H<sub>0</sub> (Rechaza la H<sub>1</sub>) y **P – Valor  $< \alpha$**  → Acepta la H<sub>1</sub> (Rechaza la H<sub>0</sub>)

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi.



En la tabla 49 se puede observar que el nivel de significancia de los resultados de la concentración de arsénico en el biofiltro C es 0.286, la cual indica que no se ha podido demostrar la hipótesis alterna. Llegando a la conclusión se puede decir que el biofiltro C removió la concentración de arsénico; pero no presentó una eficiencia significativa.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.**

En la caracterización Inicial del Agua Subterránea se observó que los parámetros de arsénico con 0.0126 mg/L, coliformes totales con 2400 NMP/100ml y coliformes fecales con 13 NMP/100ml no cumplen con lo establecido en el Reglamento de Calidad del Agua para el Consumo Humano, la cual indica que el agua no es apta para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

Mamani (2019) en su investigación reveló la existencia de contaminación de las aguas subterráneas por Arsénico en la Provincia de San Román de Juliaca, mostrando que el 95% de las muestras de agua subterránea contenían concentraciones de As superiores a los límites máximos permisibles establecidos por los organismos nacionales, lo que hace que el agua no sea apta para consumo. Así también Cava & Ramos (2016) en su investigación realizó la caracterización físico – químico y microbiológico donde los resultados de coliformes totales y coliformes termotolerantes no cumplían con lo establecido en DS. N° 031 – 2010 – SA, indicando que estos resultados pueden afectar la salud del consumidor. Ello es acorde con lo que en este proyecto de investigación se realizó como objetivo para determinar si el agua a tratar es apto para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

De acuerdo al análisis de los resultados de los parámetros operacionales establecidos en el proyecto de investigación para la remoción de arsénico, se indicó que el caudal, pH, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, conductividad y salinidad influyen en la remoción de la concentración de arsénico en el agua subterránea. Estos resultados fueron comprobados mediante la aplicación de diferentes Pruebas estadísticas donde el nivel de significancia es menor a 0.05 demostrando que se acepta la hipótesis Alternativa y se rechaza la hipótesis Nula.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Álvarez & Veli (2014), ya que en la muestra de agua de manantial se removió la concentración de arsénico al 97.5%, estos resultados se debe a la influencia del pH en el proceso de adsorción. Esto lo comprueba mediante el análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%.

El análisis inicial del agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada obtuvo una concentración de arsénico de 0.0126 mg/L superando al límite máximo permisible de 0.01 mg/L, establecido en el DS. N° 031 – 2010 – SA. Para la remoción de la concentración de arsénico se aplicó el biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana logrando reducir la concentración inicial de 0.0126 mg/L hasta un nivel de 0.008 mg/L, la cual cumpliría con lo establecido en el Reglamento de Calidad del Agua para el Consumo Humano.

Estrada (2016) en su investigación aplicó un biofiltro de diatomita a diferentes alturas de lecho y granulometría, este biofiltro logró disminuir la concentración de arsénico hasta 0.00386 ppm siendo un 95.70% de remoción, este resultado obtenido cumplió con el Límite Máximo Permisible establecido en el Reglamento de Calidad del Agua para el Consumo Humano. Ello es acorde con lo que en este proyecto de investigación se realizó como objetivo que es comparar la concentración de arsénico con los LMP establecidos en la norma nacional.

A partir de los resultados obtenidos en el transcurso de la ejecución del proyecto de investigación, se pudo observar que el biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana presentó una eficiente remoción de 36.5% de la concentración inicial de arsénico del agua subterránea de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

Vera (2014) en su investigación aplicó el biofiltro de carbón activado a base de cascara de naranja, la cual logró remover un 23.490% de las concentraciones de arsénico, determinando así la eficiencia del método aplicado. Ello es acorde con lo que en este proyecto de investigación se demostró.

## CONCLUSIONES

1. La caracterización inicial del agua subterránea demostró que el agua no es apto para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, debido a que los parámetros como el arsénico con un valor de 0.0126 mg/L, coliformes fecales con un valor de 13 NMP/100ml y coliformes totales con un valor de 2400 NMP/100ml no cumplen con lo establecido en el Reglamento de Calidad para el Consumo Humano.
2. El proyecto de investigación a través de la aplicación de Pruebas Estadísticas como ANOVA, T – Student, Rangos de U de Mann – Whitney y Kolmogorov – Smirnov demostró que los parámetros operacionales de caudal, oxígeno disuelto, salinidad, sólidos totales disueltos, conductividad y pH influyen en la adsorción de arsénico en el agua subterránea, debido a que el resultado del P valor es menor al nivel de significancia de 0.05 indicando que se acepta la Hipótesis Alternativa y se Rechaza la Hipótesis Nula. Así mismo las pruebas estadísticas también indicaron que los parámetros operacionales de temperatura y adsorbente no influyen significativamente en la remoción de la concentración de arsénico, pero si son parte importante en el proceso de adsorción de este.
3. Los resultados de la concentración de arsénico después de la aplicación de biofiltros fueron los siguientes: biofiltro A en el séptimo día disminuyó el arsénico a 0.008 mg/L, el biofiltro B<sub>1</sub> empezó a reducir el arsénico a partir de cuarto día hasta el séptimo día logrando un valor de 0.008 mg/L, el biofiltro B<sub>2</sub> a partir del tercer día redujo hasta 0.008 mg/L y siguió disminuyendo los días que duró la investigación y el biofiltro C empezó a reducir el arsénico a partir del tercer día logrando un valor de 0.008 mg/L, pero el séptimo día empezó a subir la concentración de arsénico debido a la saturación del biofiltro de carbón activado. Estos resultados obtenidos después del tratamiento aplicado cumplieron con el límite máximo permisible establecido en el DS. N° 031-2010-SA.

4. Los resultados obtenidos durante el tratamiento demuestra que los biofiltros A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C son eficientes en la remoción de arsénico, sin embargo el biofiltro B<sub>2</sub> a través aplicación de la Prueba estadística de T – Student para una muestra demostró una eficiencia significativa en la remoción de la concentración de arsénico, respecto a los demás biofiltros, ya que en el desarrollo de la Prueba de T – Student para una muestra el P valor = 0.046 siendo menor  $\alpha = 0.05$ , que significa que se acepta la Hipótesis Alternativa. Para que el biofiltro de Carbón activado sea eficiente debe presentar un caudal promedio de 0.001 l/min.

## RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los resultados de la Caracterización inicial del agua, se recomienda buscar otras fuentes alternas de agua para el consumo humano que cumplan con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el DS. N° 031 - 2010 – SA, así mismo de elaborar un mapa de riesgos de arsénico de la calidad de agua de consumo humano en todo el distrito de Mala.
2. Se recomienda realizar una activación térmica al carbón a base de cáscara de manzana, con el fin de contrastar la influencia de los parámetros operacionales identificados en el proceso de adsorción de arsénico a través la aplicación de un carbón a base de cáscara de manzana activado químicamente.
3. Se recomienda analizar los parámetros inorgánicos conjuntamente con los parámetros microbiológicos del agua tratada provenientes de los biofiltros con carbón activado a base de cáscara de manzana con el fin de determinar sus propiedades de desinfección, y ver si los resultados obtenidos cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el DS. 031 – 2010 – SA.
4. Se recomienda realizar un tratamiento previo del agua cruda antes de que ingrese a los biofiltros de carbón activado, esto con el fin de eliminar ciertas partículas que generan una reducción de la vida útil del carbón activado y así aumentar la eficiencia de remoción de arsénico. Este tratamiento previo sería de oxidación o floculación, acompañado posteriormente de un filtrado lento en arena y grava.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICOS

- Aguirre, F. C. (2015). Efecto del Proceso de Coagulación con Sulfato Férrico en la Remoción del Agua de Río Rímac, Aris Industrial SA, Lima-2014. *Ingeniero Ambiental*. Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/4512/AGUIRRE\\_CF.PDF?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/4512/AGUIRRE_CF.PDF?sequence=1&isAllowed=y)
- Alarcón, M. T., Leal, L. O., Martín, I. R., Miranda, S. V., & Benavides, A. M. (2013). *Arsénico en Agua - Presencia, Cuantificación Analítica y Mitigación*. Chihuahua: Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf>
- Alvarez, G. L., & Veli, J. L. (2014). Remoción de Arsénico mediante arcilla natural del Agua procedente del Mantial de Quero - Jauja. *Ingeniero Químico*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3719/Alvarez%20Camarena-Vela%20Jimenez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arkin, F. (12 de Febrero de 2019). *SCIDEV*. Obtenido de <https://www.scidev.net/america-latina/salud/noticias/ningun-remedio-es-ideal-para-arsenico-en-aguas-subterraneeas.html>
- Carranza, F. A. (2015). Evaluación de dos Tecnologías artesanales para la Remoción de Plomo y Arsénico en Agua para Consumo Humano. *Maestro en Gestión Integral del Agua*. San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8170/1/13101588.pdf>
- Cava, T. S., & Ramos, F. A. (2016). Caracterización Físico - Químico y Microbiológica de agua para el Consumo Humano de la Localidad Las Juntas del distrito Pacora - Lambayeque, y propuesta de Tratamiento. Pacora, Lambayeque, PPerú: Título en Ingeniería Química. Obtenido

de [http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/850/BC-  
TES-5266.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/850/BC-<br/>TES-5266.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Chaupis, R. F., & Reyes, G. C. (2018). Remoción de Arsénico de las Aguas de San Mateo de Huanchor - Lima con Zeolitas Naturales. *Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales*. Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2762>

CONAGUA. (2010). *Estadísticas del Agua en México*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2010-16Junio2010.pdf>

Estrada, D. A. (2016). Disminución de Arsénico mediante un Filtro de diatomita del Agua de Afloramiento Subterráneo en el campamento Cedro - Pataz. *Ingeniero Ambiental*. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6790/estrada\\_bd.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6790/estrada_bd.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Fernández, A. C. (2012). El Agua: Un Recurso Esencial. *Química Viva*, 148, 150. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Fluence. (2018). Contaminación de Arsénico en América Latina. *Sobre Nosotros*. Obtenido de <https://www.fluencecorp.com/es/sobre-nosotros/>

FRANCE24. (10 de Abril de 2018). *Hallan niveles Tóxicos de Arsénico en los Pozos de la Cuenca del Amazonas*. Obtenido de <https://www.france24.com/es/20180410-hallan-niveles-toxicos-de-arsenico-en-los-pozos-de-la-cuenca-del-amazonas>

Gagnaten, A. M., Alba, I., Marini, M. d., Zabala, J. M., Pablo, T., Amavet, P., . . . Ojea, N. (2015). *Biología - Conceptos Básicos*. Universidad Nacional del Litoral. Obtenido de [http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/biologia/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/BIO\\_03.pdf.pdf](http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/biologia/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/BIO_03.pdf.pdf)



- Gómez, A., Wolfgang, K., & Rincón, S. (2010). Carbón Activado de Cuesco de Palma. *Estudio de Termogravimetría y Estructura*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-820-0.volltext.frei.pdf>
- González, M., Meseguer, S. I., Mateos, & Vega, C. (2009). Elementos Ultratrazas ¿Nutrientes o Tóxicos? *Toxicología*, 15,95. Obtenido de <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol26-23/revtox.26.2-3.2009.pdf>
- Hernández, M. R., Otero, A. C., Falcón, J. H., & Yperman, Y. (2017). Adsorción de Ni(II) en Carbón Activado de Conchas de Coco modificado con soluciones de Ácido Nítrico. *Tecnología Química*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852017000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000100002)
- Hernández, R. S. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW - HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Huallpa, W. M. (2017). Biosorción con Panca de Maíz (Zea Mays) para la remoción de Arsénico en Aguas Contaminadas a Nivel de Laboratorio, 2017. *Ingeniería Ambiental*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/16607>
- Huertas, S. R. (2016). *Riesgos de Exposición a Agentes Cancerígenos*. Obtenido de <https://www.diba.cat/documents/467843/118493136/cancerigenos.pdf/3b53a4cf-41c6-49a0-bb04-dab36d40bb85>
- Illescas, G. J. (2014). *Manual de Medicina Prehospitalaria de Urgencia*. México: Alfil.
- INDECI. (2016). *Contaminación por Arsenico y Plomo en el Agua subterránea del distrito de Mórrope - Lambayeque*. Mórrope: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional. Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/INFORME-DE-EMERGENCIA-Nº-214-05MAR2019-CONTAMINACIÓN-DE-ARSÉNICO-Y-PLOMO-EN-EL-AGUA-EN-EL-DISTRITO-DE-MÓRROPE-LAMBAYEQUE-35.pdf>

- Mamani, W. N. (2019). Determinación de la Concentración de Arsénico (As) total en las Aguas Subterráneas de Pozos Tubulares en el Distrito de Juliaca y Medidas de Mitigación. Arequipa, Perú: Grado Académico de Doctor en Ciencia y Tecnologías Medioambientales. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8865/UPDmanaw.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martinez, A. R., & Campos, W. F. (Diciembre de 2015). Correlación entre Actividades de Interacción Social Registrados con nuevas Tecnologías y el grado de Aislamiento social en los Adultos Mayores. *REVISTA MEXICANA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA*.
- Martinez, C. F. (2012). Preparación y Caracterización de Carbono Activo a partir de Lignina para su Aplicación en Procesos de Descontaminación de Aguas. 21,22,23,24,25,26,27,28. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Martínez, V. I. (Julio de 2018). Remoción de Arsénico en Agua mediante Nanopartículas Magnéticas de Ferrita de Níquel cubiertas con Quitosán de *Aspergillus Niger*. *Maestro de Ciencias Agrarias*. Torreón, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de [repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45526/TESIS%20VANIA%20MARTÍNEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45526/TESIS%20VANIA%20MARTÍNEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MINSA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima: Dirección General de Salud Ambiental. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)
- MINSA. (2012). *Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Arsénico*. Lima: Dirección General de Salud de las Personas. Obtenido de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/2109.pdf>
- Muñoz, V. O. (2015). *Lecturas de Apoyo para Comprender mejor la Química*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://www.libros.unam.mx/digital/V9/30.pdf>

- OMS. (15 de Febrero de 2018). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Oyanedel, N. G. (Setiembre de 2015). Exposición Laboral a Arsénico. Chile: Instituto de Salud Pública de Chile. Obtenido de [www.ispch.cl/sites/default/files/NotaTécnica%20N°%20024%20Exposición%20Laboral%20a%20Arsénico.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/NotaTécnica%20N°%20024%20Exposición%20Laboral%20a%20Arsénico.pdf)
- Papa, J. C. (27 de Marzo de 2019). *La Jornada - Órgano Informativo*. Obtenido de <http://lajornada-huacho.blogspot.com/2019/03/detectan-presencia-de-metal-arsenico-en.html#comment-form>
- Perú21. (23 de Junio de 2017). *MINSA declaró de Emergencia Sanitaria por 90 días dos distritos contaminados con Plomo en Pasco*. Obtenido de <https://peru21.pe/lima/minsa-declaro-emergencia-sanitaria-90-dias-dos-districtos-contaminados-plomo-pasco-83224>
- Ramírez, A. V. (2013). Exposición Ocupacional y Ambiental al Arsénico. Actualización Bibliográfica para Investigación Científica. *American College of Occupational and Environmental Medicine*. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832013000300014](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832013000300014)
- Repetto, M. J., & Repetto, G. K. (2009). *Toxicología Fundamental*. Sevilla: Díaz de Santos. Obtenido de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788988.pdf>
- Silva, J. D. (Agosto de 2017). Producción y Caracterización de Carbón Activado a partir de Residuos Agroindustriales (Fibra de Nopal) para la Remoción de Arsénico en Agua. *Ingeniero Ambiental*. Zacatecas, México: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22915/64-T11.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (23 de Enero de 2019). Lambayeque: Población denuncia que agua potable está contaminada con AArsénico. *SPDA - Actualidad Ambiental*. Obtenido de <http://www.actualidadambiental.pe/?p=54143>

- Stellman, S. D. (2012). *Capítulo 33 Toxicología. En: Enciclopedia de la OIT*. D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). Obtenido de [https://books.google.com.pe/books/about/Capítulo\\_33\\_Toxicología\\_En.html?id=jGF6nQAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Capítulo_33_Toxicología_En.html?id=jGF6nQAACAAJ&redir_esc=y)
- Vázquez, E. C., & Rojas, T. G. (Mayo de 2016). pH: Teoría y 232 problemas. *Licenciatura en Biología Molecular*, 32. Tlalpan, México: Universidad Autónoma Metropolitana. Obtenido de <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>
- Vera, K. L. (Diciembre de 2014). Remoción de Arsénico del Agua Residual Industrial de Proceso mediante el Método de Bioadsorción. *Ingeniero de Procesos Ambientales*. Torreón, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/293806808\\_Remocion\\_de\\_arsenico\\_del\\_agua\\_residual\\_industrial\\_de\\_proceso\\_mediante\\_el\\_metodo\\_de\\_bioadsorcion#pdf](https://www.researchgate.net/publication/293806808_Remocion_de_arsenico_del_agua_residual_industrial_de_proceso_mediante_el_metodo_de_bioadsorcion#pdf)
- Vivanco, T. (03 de Febrero de 2017). Alerta Junín, el 39% de la Población consume agua Contaminada. *Correo*. Obtenido de <https://diariocorreo.pe/edicion/huancayo/alerta-junin-el-39-de-la-poblacion-consume-agua-contaminada-728738/>
- Wayka. (31 de Enero de 2019). Comunidad de Espinar consume agua contaminada con cuatro metales pesados. Espinar, Cuzco, Perú. Obtenido de <https://wayka.pe/comunidad-de-espinar-consume-agua-contaminada-con-cuatro-metales-pesados/>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Matriz de Consistencia

**TITULO:** REMOCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE BIOFILTRO CARBÓN ACTIVADO A BASE DE CÁSCARA DE MANZANA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN MARCOS DE LA AGUADA, MALA, LIMA, 2019.

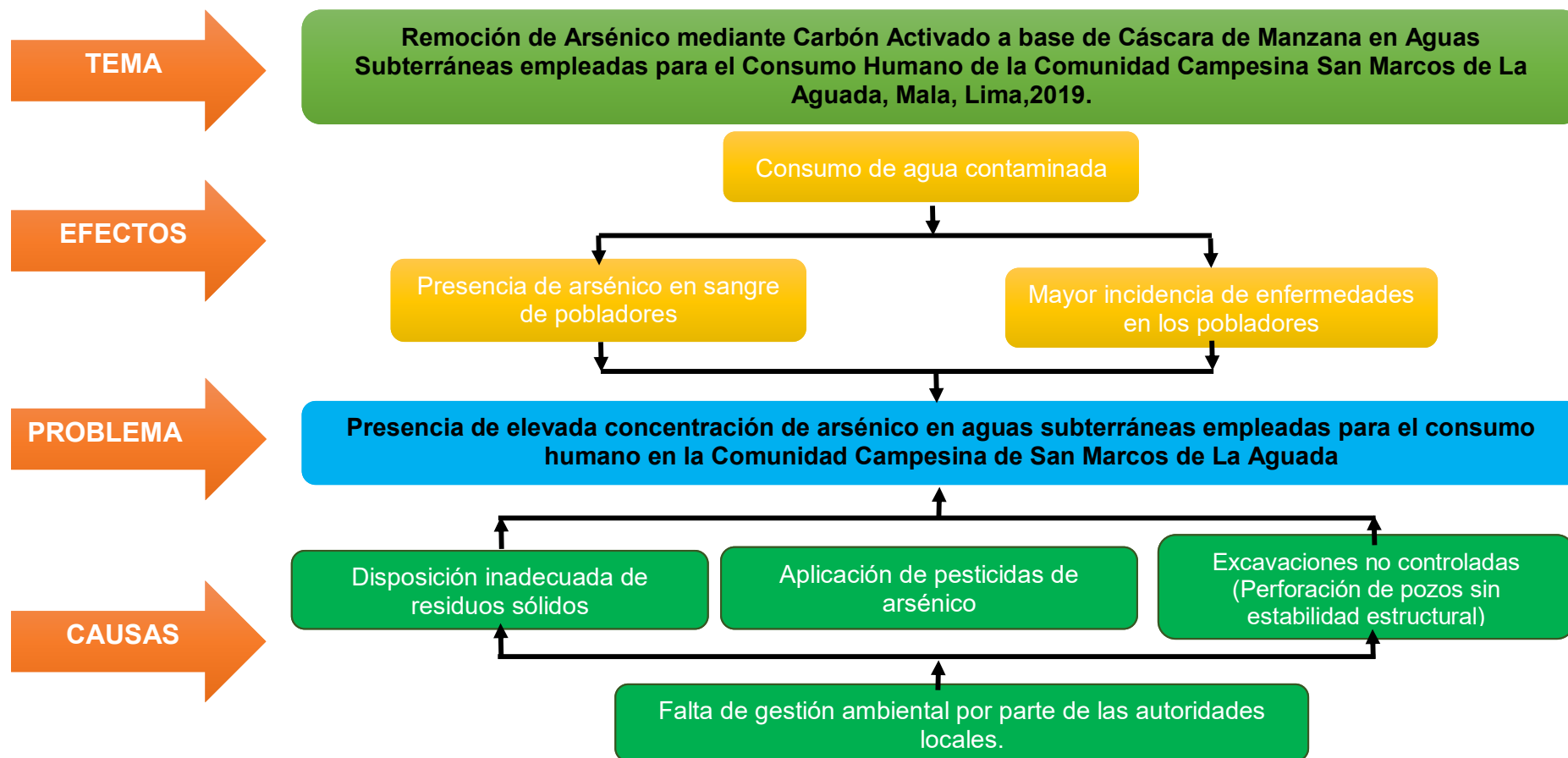
**TESISTA:** HENRRY ALEJANDRO CALDERON MARAVI

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable y Sub Variables	Metodología Técnica e Instrumentos
<b>PG:</b> ¿Cómo el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana es eficiente en la remoción de arsénico de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima, 2019?	<b>OG:</b> Remover el arsénico de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humano mediante el uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima, 2019.	<b>HG:</b> El uso del biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana es eficiente en la remoción de arsénico de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humana de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima, 2019.	<b>VD:</b> Tratamiento de Aguas Subterráneas para el Consumo Humano.  - Carbón Activado a base de Cascara de Manzana.	<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada - <b>enfoque:</b> Cuantitativo - <b>Alcance o nivel:</b> Explicativo - <b>Diseño:</b> Experimental - <b>Población:</b> Fuentes de aguas empleadas para el consumo humano en la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada <b>Muestra:</b> Un pozo subterráneo empleada para el consumo humano en la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada. <b>Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos:</b> - Preparación del Carbón Activado a base de cascara de manzana. - Construcción de los biofiltros. - Procedimiento de adsorción de la concentración de arsénico. <b>Instrumentos de Recolección de Datos:</b> - Formato de Ficha de Observación. - Formato de Corridas Experimentales <b>Instrumentos de Procesamiento y Análisis de Datos:</b> - Para el procesamiento de datos se usar el software de SPSS. - Para el análisis de los resultados se utilizara la prueba estadística de T – Student, ANOVA, U Mann – Whitney y T – Student para una muestra, Kolmogorov Smirnov.
<b>P1:</b> ¿Cuáles son las características iniciales de las fuentes de agua subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima?	<b>O1:</b> Determinar las características iniciales de las fuentes de agua subterráneas de consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.	<b>H1:</b> La características iniciales de las fuentes de agua subterránea es apto para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.		
<b>P2:</b> ¿Qué parámetros operacionales influirán en el proceso de adsorción de arsénico mediante el carbón activado en aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima?	<b>O2:</b> Optimizar los parámetros operacionales que influyen en el proceso de adsorción de arsénico mediante el carbón activado en aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.	<b>H2:</b> Los parámetros operacionales influyen en el proceso de adsorción de arsénico mediante el carbón activado en aguas subterráneas empleadas para el consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada, Mala, Lima.	<b>VI:</b> Remoción de Arsénico mediante el uso de Biofiltro.  - Caracterización del Agua Subterránea.  - Parámetros Operacionales  - Límites Máximos Permisibles	
<b>P3:</b> ¿Cuál es la diferencia de la concentración del arsénico del agua tratada a partir del uso de biofiltro de carbón activado a base de cáscara de manzana respecto a los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de Calidad del Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA?	<b>O3:</b> Comparar la concentración de arsénico del agua tratada con los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA.	<b>H3:</b> La concentración del arsénico del agua tratada está por debajo de los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano – DS. 031-2010-SA.		

**Fuente:** Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi

## Anexo 2

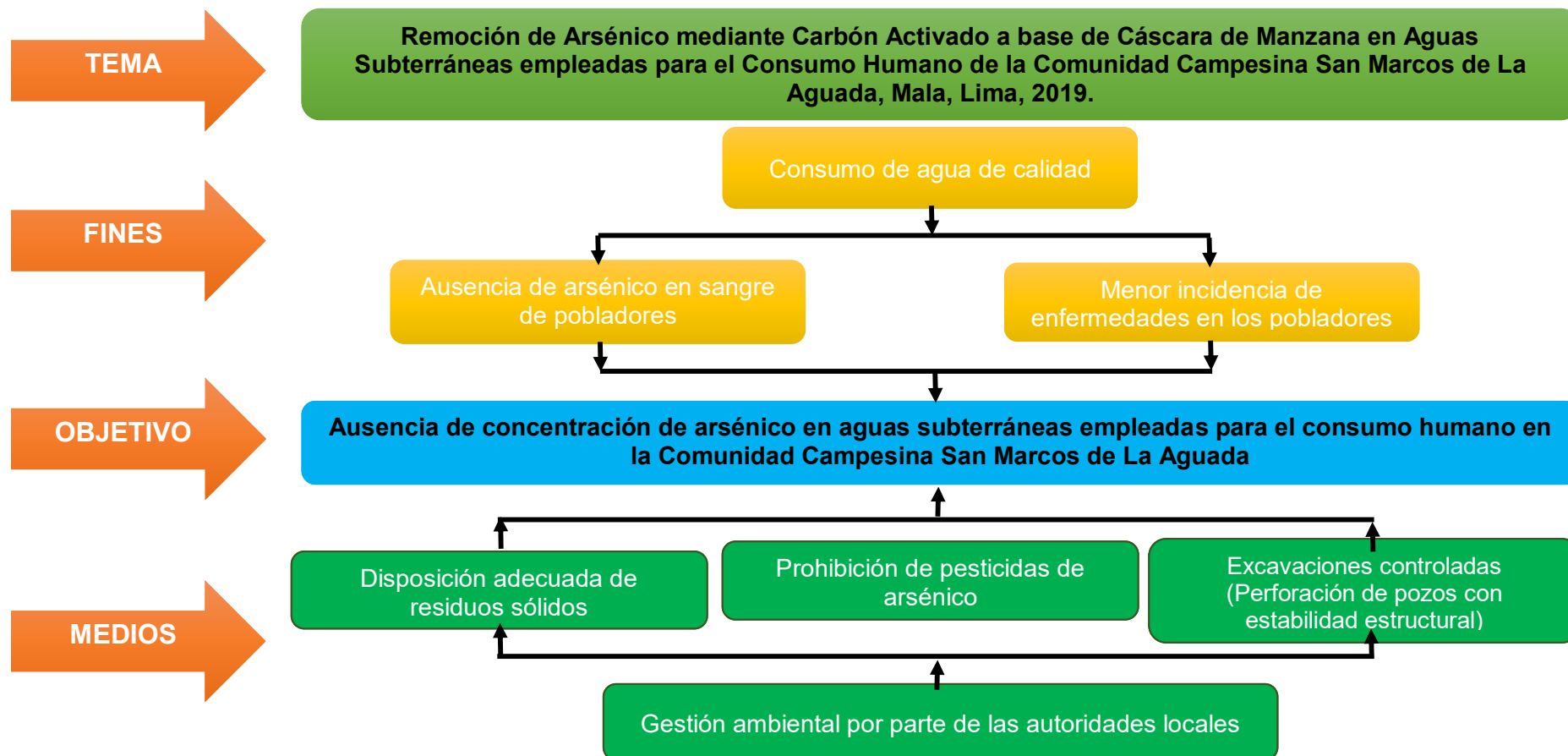
### Árbol de Causas - Efectos



Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi

### Anexo 3

#### Árbol de Medios - Fines



Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi



## Anexo 4

### Plano de Ubicación Satelital de Fuentes de Agua – Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada

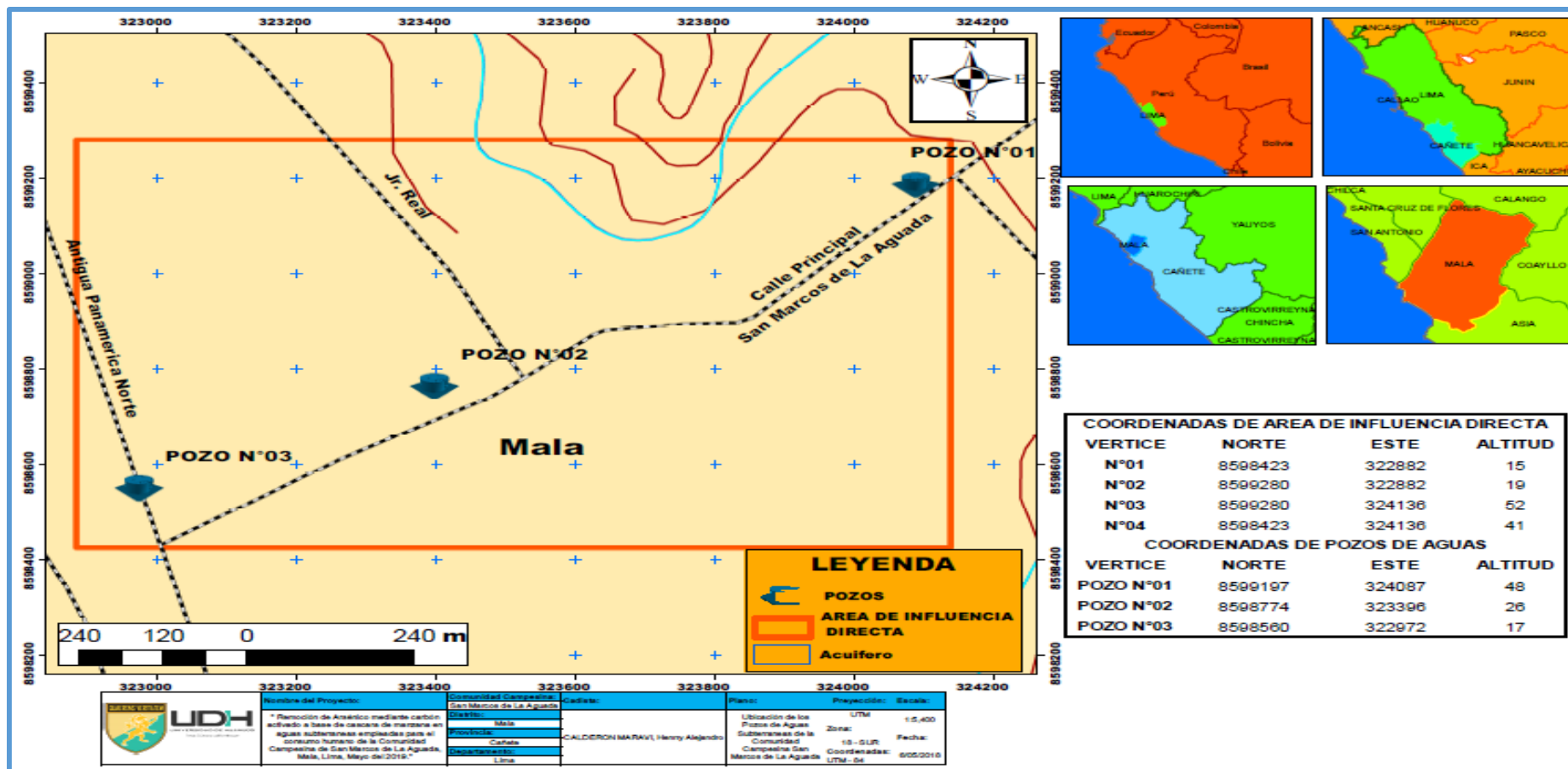


Fuente: Google Earth



## Anexo 5

### Plano de Ubicación de los Pozos de Aguas Subterráneas de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada




Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi



Anexo 7

Reporte de los Parámetros de Campo Inicial del Agua Subterránea



**CERTIMIN S.A. VºBº FECHA**

RECEPCIÓN 1 : 12/08/19

RECEPCIÓN 2 : \_\_\_\_\_

INSPECCIÓN : 12/08/19

OBSERVACIÓN : - 1 -

Página 1 / 1

Nº ORDEN DE TRABAJO: <u>01 / AGO 2060 - 219</u>		Nº CADENA DE CUSTODIA: <u>01 / 1610-17 / CERTIMIN</u>		Nº SSA: <u>394/2019</u>		EMPRESA / UNIDAD / PROYECTO: _____		CLIENTE: <u>Henry A. Calderon Moravi</u>																
Nº	Estación de Muestreo	Referencia y/o Descripción	Matriz (*)	Fecha	Hora	Coordenadas Geográficas		Parámetros In-Situ Agua					Caudal			Nivel Freatico / Carga Hidráulica			Observaciones					
						PRAD 56( ) WGS 84	T (°C) Ambiente	T (°C) Agua	pH	Conductividad residual (µS/cm @ 25°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Cloro libre residual (mg/L)	Cloro total residual (mg/L)	Oxígeno (%)	Turbidez (NTU)	Altitud	Ancho (m)	Profundidad (m)		Velocidad (m/s)	Distancia (m)	Volumen (L)	Tiempo (s)	Longitud de Sonda (m)
1	PZO-01	Plazo de Armas - San Marcos de La Aguada	I.I.	12/08/19	8:08	N: 8599186 E: 224088 Altitud: 47		16	17.18	8.34	8.64	-	-	0.49	-									Ninguno
						N: _____ E: _____ Altitud: _____																		
						N: _____ E: _____ Altitud: _____																		
						N: _____ E: _____ Altitud: _____																		
Control de Calidad en campo												Precisión			Veracidad									
Duplicado Campo (Precisión) <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme Valor del Estándar Estándar (Veracidad) <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme												pH: ± 0.1 Unid pH Salinidad: (0 - 2)% Temperatura: ± 0.5 °C R. Bajo: (0 - 20)% R. Alto: (0 - 20)% Oxígeno disuelto: ± 0.05 mg/L Conductividad: (0 - 2)% Caudal: (0-20)%			pH: ± 0.1 Unid pH Salinidad: (0 - 2)% Temperatura: ± 0.5 °C R. Bajo: (0 - 100)% R. Alto: (0 - 110)% Oxígeno Disuelto: ± 0.1 mg/L Conductividad: (99-101%) Caudal: ± 5%									
EQUIPOS UTILIZADOS EN CAMPO			TURBIDÍMETRO			MEDIDOR DE CLORO			CORRENTÓMETRO			OTROS												
MULTIPARAMETRO Código: <u>HC 108</u> Marca: <u>HAFT</u>			GPS Código: Marca:			Código: Marca:			Código: Marca:			Código: Marca:												
OBSERVACIONES:						Responsable(s) del muestreo: <u>Henry A. Calderon Moravi</u>			Firma: <u>[Firma]</u>			Fecha: <u>12-08-2019</u>												
						Fiscalizador:			Firma: <u>[Firma]</u>			Fecha: _____												
						Recibido por: <u>[Firma]</u>			Firma: <u>[Firma]</u>			Fecha: <u>2019-08-13</u>												

REFERENCIA: DCI-MON-01



Av. Las Vegas N° 845 San Juan de Miraflores - Lima, Lima - Perú, Teléf: 205-5656, Email: certimin@certimin.pe


Fuente: Laboratorio Certimin



## Anexo 8

### Resultados del Análisis Inicial del Agua Subterránea – Laboratorio Certimin

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-022</b>	 Página 1 de 11 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE-022
<b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>N° AGO1060.R19</b>		
<b>SOLICITANTE :</b>	GESTION DE SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C.	
<b>DOMICILIO LEGAL :</b>	Av. Prolongación Huaylas N° Km 21.3 Lt 1C; Urb. Fundo Villa Chorrillos, Lima,	
<b>SOLICITADO POR :</b>	Henry Alejandro Calderon Maravi	
<b>SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:</b>	SSA N° 394-19 Cadena de Custodia N° 1610-19/CERTIMIN	
<b>REFERENCIA :</b>	Henry Alejandro Calderon Maravi San Marcos de la Aguada 17 Norte Mz M Lt 8 Mala / Cañete / Lima Comunidad San Marcos de la Aguada.- Pozo Subterráneo Monitoreo Calidad de Agua de Consumo - Plaza de Armas de CC. Campesina San Marcos de la Aguada.	
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	2019/08/12	
<b>MUESTRA TOMADA POR :</b>	EL CLIENTE	
<b>PROTOCOLO :</b>	--	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Subterránea	
<b>NÚMERO DE MUESTRAS :</b>	1	
<b>PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Fracos de polietileno refrigerados y sellados.	
<b>CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS</b>	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.	
<b>FECHA DE RECEPCIÓN :</b>	martes, 13 de Agosto de 2019	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Según se indica.	
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :</b>	2019-08-13 al 2019-08-22	
<b>FECHA DE REPORTE :</b>	viernes, 23 de Agosto de 2019	
<b>PERIODO DE CUSTODIA :</b>	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.	

  
**EDGAR NINA VELASQUEZ**  
Jefe Ambiental  
CQP. 729  
Lima, 23 de Agosto de 2019

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."  
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".  
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.  
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió por parte del cliente.

**CERTIMIN S.A.** Av. Las Vegas N° 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656  
e-mail: certimin@certimin.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Fuente: Laboratorio Certimin

## RESULTADOS

N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Nor* WGS-84	MA1000 Est* WGS-84	MA1000 Altitud* msnm	MA1000 Salinidad* %	MA1000 T-Aire* °C	MA1000 Temperatura* °C	MA1000 pH* Unid de pH	MA0147 pH Unid de pH	MA0458 Conductiv µmho/cm	MA1000 Conductiv.* µmho/cm	MA1000 Oxig(d)* mg/L	MA0183 Turbidez UNT 1.0
1	PZO-01														

N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA0040 Cl- mg/L 1.5	MA0172 TSD mg/L 5	MA0178 SO4= mg/L 1	MA0065 DurezaTot mg CaCO3/L 1	MA0802 Ag (t) mg/L 0.00001	MA0802 Al (t) mg/L 0.001	MA0802 As (t) mg/L 0.0001	MA0802 B (t) mg/L 0.003	MA0802 Ba (t) mg/L 0.00005	MA0802 Be (t) mg/L 0.0003	MA0802 Bi (t) * mg/L 0.02	MA0802 Ca (t) mg/L 0.05	MA0802 Cd (t) mg/L 0.00005	MA0802 Ce (t) mg/L 0.02	MA0802 Co (t) mg/L 0.00009	MA0802 Cr (t) mg/L 0.0005	MA0802 Cu (t) mg/L 0.0001	MA0802 Fe (t) mg/L 0.01	MA0802 Hg (t) mg/L 0.0001
1	PZO-01																			

N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA0802 K (t) mg/L 0.01	MA0802 Li (t) mg/L 0.004	MA0802 Mg (t) mg/L 0.02	MA0802 Mn (t) mg/L 0.00005	MA0802 Mo (t) mg/L 0.00005	MA0802 Na (t) mg/L 0.01	MA0802 Ni (t) mg/L 0.0005	MA0802 P (t) mg/L 0.06	MA0802 Pb (t) mg/L 0.00005	MA0802 Sb (t) mg/L 0.0001	MA0802 SiO2 (t) mg/L 0.02	MA0802 Se (t) mg/L 0.001	MA0802 Sn (t) mg/L 0.0001	MA0802 Sr (t) mg/L 0.0001	MA0802 Ti (t) mg/L 0.01	MA0802 Tl (t) mg/L 0.0001	MA0802 U (t) mg/L 0.00001	MA0802 V (t) mg/L 0.001	MA0802 Zn (t) mg/L 0.001	MA1003 Sabor* Aceptable/ No Aceptable
1	PZO-01																				

Muestras		Elementos		
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MA1003 Olor* Aceptable/ No Aceptable	MA0789 Coliformes Fecales. NMF/100mL 1.8	MA0786 Coliformes Totales NMF/100mL 1.8
1	PZO-01	Aceptable	13.0	2400.0

Fuente: Laboratorio Certimin

## Anexo 9

### Comparación de los Resultados Iniciales del Laboratorio con la Norma



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL "Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"					
"REMOCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE EL USO DEL BIOFILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE CÁSCARA DE MANZANA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN MARCOS DE LA AGUADA, MALA, LIMA, JULIO - 2019"					
Caracterización fisicoquímica de las fuentes de agua de consumo humano de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada					
TESISTA:	Henry Alejandro Calderon Maravi				
FECHA:	12/08/19				
LABORATORIO:	CERTIMIN				
INFORME DE LABORATORIO: N° 0601060.019					
Parametros	Unidad	Resultados	D.S. 031-2010	Calificación	
				Cumple	No Cumple
pH		7.7	6.5 a 8.5	X	
Conductividad	µmho/cm	364.2	1500	X	
Turbidez	UNT	1	5	X	
Cloruro	mg/l	114.2	250	X	
TDS	mg/l	542	1000	X	
Sulfatos	mg/l	104	250	X	
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> /l	271	500	X	
Aluminio	mg/l	0.034	0.2	X	
Arsénico	mg/l	0.0126	0.01		X
Boro	mg/l	0.525	1.5	X	
Bromo	mg/l	0.01426	0.2	X	
Cadmio	mg/l	2.0.00025	0.03	X	
Cromo	mg/l	0.0037	0.05	X	
Cobre	mg/l	0.0007	2	X	
Niquel	mg/l	0.18	0.3	X	
Mercurio	mg/l	0.0005	0.01	X	
Manganeso	mg/l	0.00544	0.4	X	
Nitrito	mg/l	0.0041	0.07	X	
Sodio	mg/l	93.62	200	X	
Nitrito	mg/l	2.0.0005	0.02	X	
Plomo	mg/l	0.00021	0.01	X	
Antimonio	mg/l	2.0.0001	0.02	X	
Selenio	mg/l	0.004	0.01	X	
Vanadio	mg/l	0.0023	0.05	X	
Zinc	mg/l	0.021	3	X	
Sabor		Aceptable	aceptable	X	
Olor		Aceptable	aceptable	X	
Coliformes fecales	UFC/100ml	13	218		X
Coliformes totales	UFC/100ml	2400	218		X

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi



## Anexo 10

### Resultados de los Parámetros de Campo durante la Ejecución del Proyecto de Investigación

 <b>UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b> <i>"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"</i> 											
"REMOCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE EL USO DEL BIOFILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE CÁSCARA DE MANZANA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN MARCOS DE LA AGUADA, MALA, LIMA, JULIO - 2019"											
TESISTA:		<i>Henry Alejandro Calderon Maravi</i>									
MES DE MONITOREO:		<i>Agosto Setiembre</i>		FECHA:		<i>29/08/19 al 02/09/19</i>					
FILTRO	DIA	Tiempo (minutos)	Carbon activado (g)	Caudal (Litro/Minuto)	Volumen de Agua Tratada (Litro)	OD (mg/l)	STD (mg/l)	SALINIDAD (%)	CONDUCTIVIDAD (us/cm)	PH	T (°C)
F-A	<i>1</i> 29/08/19	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>0.001007</i>	<i>1.45</i>	<i>9.24</i>	<i>1019</i>	<i>1.3</i>	<i>1713</i>	<i>8</i>	<i>15.2</i>
	<i>2</i> 30/08/19	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>0.000903</i>	<i>1.3</i>	<i>9.25</i>	<i>688</i>	<i>0.69</i>	<i>1202</i>	<i>7.8</i>	<i>15.4</i>
	<i>3</i> 31/08/19	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>0.000431</i>	<i>0.62</i>	<i>9.24</i>	<i>678</i>	<i>0.68</i>	<i>1190</i>	<i>6.9</i>	<i>16.2</i>
	<i>4</i> 01/09/19	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>0.000833</i>	<i>1.2</i>	<i>9.24</i>	<i>575</i>	<i>0.52</i>	<i>1009</i>	<i>7.8</i>	<i>15.9</i>
	<i>5</i> 02/09/19	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>0.000521</i>	<i>0.75</i>	<i>9.21</i>	<i>565</i>	<i>0.56</i>	<i>1003</i>	<i>8.2</i>	<i>15.9</i>
	<i>6</i> 03/09/19	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>0.000382</i>	<i>0.53</i>	<i>9.05</i>	<i>534</i>	<i>0.53</i>	<i>953</i>	<i>8.3</i>	<i>15</i>
	<i>7</i> 04/09/19	<i>1440</i>	<i>0</i>	<i>0.000694</i>	<i>1</i>	<i>9.27</i>	<i>514</i>	<i>0.51</i>	<i>904</i>	<i>8.2</i>	<i>15.6</i>
F-B1	<i>1</i> 29/08/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.003076</i>	<i>1.55</i>	<i>9.54</i>	<i>1655</i>	<i>1.68</i>	<i>2730</i>	<i>2.4</i>	<i>15.2</i>
	<i>2</i> 30/08/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.001007</i>	<i>1.45</i>	<i>9.35</i>	<i>773</i>	<i>0.78</i>	<i>1350</i>	<i>2.9</i>	<i>15.4</i>
	<i>3</i> 31/08/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.000556</i>	<i>0.8</i>	<i>9.24</i>	<i>675</i>	<i>0.68</i>	<i>1176</i>	<i>2.9</i>	<i>16.2</i>
	<i>4</i> 01/09/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.001250</i>	<i>1.8</i>	<i>9.21</i>	<i>605</i>	<i>0.61</i>	<i>1053</i>	<i>3</i>	<i>15.9</i>
	<i>5</i> 02/09/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.000542</i>	<i>0.78</i>	<i>9.16</i>	<i>582</i>	<i>0.58</i>	<i>1040</i>	<i>3.1</i>	<i>15.9</i>
	<i>6</i> 03/09/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.000278</i>	<i>0.4</i>	<i>9.08</i>	<i>575</i>	<i>0.54</i>	<i>1028</i>	<i>3.1</i>	<i>15</i>
	<i>7</i> 04/09/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.000972</i>	<i>1.4</i>	<i>9.3</i>	<i>550</i>	<i>0.55</i>	<i>984</i>	<i>3.1</i>	<i>15.6</i>

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi



**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

"REMOCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE EL USO DEL BIOFILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE CÁSCARA DE MANZANA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN MARCOS DE LA AGUADA, MALA, LIMA, JULIO - 2019"

TESISTA:

*Henry Alejandro Calderon Maravi*

MES DE MONITOREO:

*Agosto - Septiembre*

FECHA:

*29/08/19 a 04/09/19*

FILTRO	DIA	Tiempo (minutos)	Carbon activado (g)	Caudal (Litro/Minuto)	Volumen de Agua Tratada (Litro)	OD (mg/l)	STD (mg/l)	SALINIDAD (%)	CONDUCTIVIDAD (us/cm)	PH	T (°C)
F-B2	<i>1</i> 29/08/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.00563</i>	<i>2.25</i>	<i>9.29</i>	<i>1322</i>	<i>1.39</i>	<i>2340</i>	<i>2.5</i>	<i>15.6</i>
	<i>2</i> 30/08/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.000323</i>	<i>1.2</i>	<i>9.26</i>	<i>642</i>	<i>0.7</i>	<i>1203</i>	<i>2.9</i>	<i>16.5</i>
	<i>3</i> 31/08/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.001319</i>	<i>1.9</i>	<i>9.31</i>	<i>626</i>	<i>0.64</i>	<i>1109</i>	<i>3</i>	<i>15</i>
	<i>4</i> 01/09/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.00222</i>	<i>3.2</i>	<i>9.26</i>	<i>619</i>	<i>0.62</i>	<i>1080</i>	<i>3.2</i>	<i>15.5</i>
	<i>5</i> 02/09/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.000923</i>	<i>1.3</i>	<i>9.19</i>	<i>476</i>	<i>0.48</i>	<i>834</i>	<i>3.2</i>	<i>15</i>
	<i>6</i> 03/09/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.002639</i>	<i>3.8</i>	<i>9.34</i>	<i>432</i>	<i>0.43</i>	<i>765</i>	<i>3.6</i>	<i>15.5</i>
	<i>7</i> 04/09/19	<i>1440</i>	<i>500</i>	<i>0.00204</i>	<i>2.9</i>	<i>9.32</i>	<i>375</i>	<i>0.37</i>	<i>662</i>	<i>5.6</i>	<i>15.5</i>
F-C	<i>1</i> 29/08/19	<i>1440</i>	<i>1000</i>	<i>0.000823</i>	<i>1.2</i>	<i>9.21</i>	<i>2290</i>	<i>2.34</i>	<i>3820</i>	<i>2.3</i>	<i>16.6</i>
	<i>2</i> 30/08/19	<i>1440</i>	<i>1000</i>	<i>0.00180</i>	<i>1.3</i>	<i>9.22</i>	<i>989</i>	<i>1</i>	<i>1695</i>	<i>2.6</i>	<i>16.6</i>
	<i>3</i> 31/08/19	<i>1440</i>	<i>1000</i>	<i>0.001289</i>	<i>2</i>	<i>9.3</i>	<i>771</i>	<i>0.78</i>	<i>1338</i>	<i>2.7</i>	<i>16.3</i>
	<i>4</i> 01/09/19	<i>1440</i>	<i>1000</i>	<i>0.000833</i>	<i>1.2</i>	<i>9.2</i>	<i>643</i>	<i>0.7</i>	<i>1226</i>	<i>2.8</i>	<i>15.9</i>
	<i>5</i> 02/09/19	<i>1440</i>	<i>1000</i>	<i>0.000569</i>	<i>0.82</i>	<i>9.12</i>	<i>668</i>	<i>0.69</i>	<i>1176</i>	<i>2.8</i>	<i>15.9</i>
	<i>6</i> 03/09/19	<i>1440</i>	<i>1000</i>	<i>0.000413</i>	<i>0.6</i>	<i>9.42</i>	<i>685</i>	<i>0.69</i>	<i>1195</i>	<i>2.9</i>	<i>15.5</i>
	<i>7</i> 04/09/19	<i>1440</i>	<i>1000</i>	<i>0.000764</i>	<i>1.1</i>	<i>9.33</i>	<i>776</i>	<i>0.78</i>	<i>1399</i>	<i>2.7</i>	<i>15.7</i>

Fuente: Bach. Henry Alejandro Calderon Maravi



















## REPORTE DE PARÁMETROS DE CAMPO DE AGUA

Página ...../.....

N° ORDEN DE TRABAJO:	01
N° CADENA DE CUSTODIA:	03
N° BSA:	482/2019

EMPRESA / UNIDAD / PROYECTO:	
CLIENTE:	Miguel Cordero Heredia

N°	Estación de Muestreo	Referencia y/o Descripción	Matriz (*)	Fecha	Hora	Parámetros In-Situ Agua										Caudal					Nivel Frágico / Carga Hidráulica			Observaciones			
						Coordenadas Geográficas		T (°C) Ambiente	T (°C) Agua	pH	Conductividad mS/cm ( )	Oxígeno disuelto (mg/L)	Cloro libre residual (mg/L)	Cloro total residual (mg/L)	Salinidad (‰)	Turbidez (NTU)	Método	Ancho (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Distancia (m)	Volumen (L)	Tiempo (s)		Longitud de Sonda (m)	Longitud Total (m)	Tubería Libre (m)
						PSAD 56( ) WGS 84( )	UTM																				
1	F-A	Sistema de aguas de la zona de...	3-1	04/09/19	8:00pm	N: 8599841 E: 374236 Altitud: 74	15.8	15.6	8.7	904	9.70	-	-	0.51												Ninguno	
2	F-B1	Sistema de aguas de la zona de...	3-1	04/09/19	8:00pm	N: 8599841 E: 374236 Altitud: 74	15.8	15.6	3.1	1472	9.30	-	-	0.5													Ninguno
3	F-B2	Sistema de aguas de la zona de...	3-1	04/09/19	8:00pm	N: 8599841 E: 374236 Altitud: 74	15.8	15.5	5.6	663	9.32	-	-	0.37													Ninguno
4	F-C	Sistema de aguas de la zona de...	3-1	04/09/19	8:00pm	N: 8599841 E: 374236 Altitud: 74	15.8	15.4	2.7	1397	9.33	-	-	0.78													Ninguno

**CERTIMIN S.A.**

09 SEP 2019

Recepcion Ambiental

Control de Calidad en campo										Precisión			Veracidad					
Duplicación Campo (Precisión) <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme Valor del Estándar Estándar (Veracidad) <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme										pH: ± 0.1 Unid pH Temperatura: ± 0.5 °C Turbidez: (0 - 20)% Oxígeno disuelto: ± 0.05 mg/L Conductividad: (0 - 2)% Caudal: (0-20)%			Salinidad: (0 - 2)% Cloro libre (residual) R. Bajo: (0 - 20)% R. Alto: (0 - 20)% Cloro Total R. Bajo: (0 - 20)% R. Alto: (0 - 20)%			pH: ± 0.1 Unid pH Temperatura: ± 0.5 °C Turbidez: (95 - 105)% Oxígeno Disuelto: ± 0.1 mg/L Conductividad: (99-101%) Caudal: %RSD ± 20%		


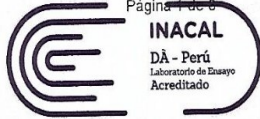
EQUIPOS UTILIZADOS EN CAMPO	MULTIPARAMETRO Código: H4418 Marca: HANNA	OXIMETRO Código: Marca:	GPS Código: Marca:	TURBIDÍMETRO Código: Marca:	MEDIDOR DE CLORO Código: Marca:	CORRENTÓMETRO Código: Marca:	OTROS Código: Marca:		
OBSERVACIONES:				Responsable(s) del muestreo: Miguel Cordero Heredia		Firma: Miguel		Fecha: 04/09/19	
				Fiscalizador:		Firma:		Fecha:	
				Recibido por:		Firma:		Fecha:	

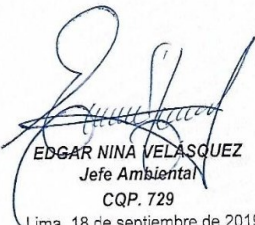
MATRIZ (\*): Ver tipos de matrices (Parte de atrás del formato) REFERENCIA: DCI-MON-01



## Anexo 14

### Resultados del Análisis de Arsénico del Primer día- Laboratorio Certimin

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-022</b>	 <p>Página 1 de 8 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE -022</p>
<b>INFORME DE ENSAYO N° SEP1117.R19</b>		
<b>SOLICITANTE :</b>	HENRRY ALEJANDRO CALDERON MARAVI	
<b>DOMICILIO LEGAL :</b>	C.P. San Marcos de la Aguada Mz N2 Lt 3 Mala, Cañete, Lima	
<b>SOLICITADO POR :</b>	Henry Alejandro Calderon Maravi	
<b>SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:</b>	SSA N° 432-19 Cadena de Custodia N° 1872-19/CERTIMIN	
<b>REFERENCIA :</b>	San Marcos de la Aguada, 17 Norte Manzana "M", Lote "8". 2da Etapa, Mala - Cañete - Lima Monitoreo Calidad de Agua	
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	2019/08/29	
<b>MUESTRA TOMADA POR :</b>	EL CLIENTE	
<b>PROTOCOLO :</b>	--	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Potable	
<b>NÚMERO DE MUESTRAS :</b>	4	
<b>PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.	
<b>CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS</b>	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.	
<b>FECHA DE RECEPCIÓN :</b>	lunes, 09 de septiembre de 2019	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Según se indica.	
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :</b>	2019-09-09 al 2019-09-18	
<b>FECHA DE REPORTE :</b>	miércoles, 18 de septiembre de 2019	
<b>PERIODO DE CUSTODIA :</b>	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.	



**EDGAR NINA VELASQUEZ**  
Jefe Ambiental  
CQP. 729  
Lima, 18 de septiembre de 2019

\*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.\*  
\*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce\*.  
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.  
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.  
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas N° 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Fuente: Laboratorio Certimin

N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Nor* WGS-84	MA1000 Est* WGS-84	MA1000 Altitud* msnm	MA1000 Temperatura* °C	MA1000 T-Aire* °C	MA1000 pH* Unid de pH	MA1000 Conductiv.* µmho/cm	MA1000 Oxig(d)* mg/L	MA1000 Salinidad* %	MA0121 Ag(t) mg/L	MA0121 Al(t) mg/L	MA0121 As(t) mg/L	MA0121 Ba(t) mg/L
1	F-A												0.002	0.02	0.008	0.001
2	F-B1															
3	F-B2															
4	F-C															






Fuente: Laboratorio Certimin



## Anexo 15

### Resultados del Análisis de Arsénico del Tercer día- Laboratorio Certimin

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-022</b>	 Página 1 de 6 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE -022
<b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>N° SEP1118.R19</b>		
<b>SOLICITANTE :</b>	HENRRY ALEJANDRO CALDERON MARAVI	
<b>DOMICILIO LEGAL :</b>	C.P. San Marcos de la Aguada Mz N2 Lt 3 Mala, Cañete, Lima	
<b>SOLICITADO POR :</b>	Henry Alejandro Calderon Maravi	
<b>SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:</b>	SSA N° 432-19 Cadena de Custodia N° 1873-19/CERTIMIN	
<b>REFERENCIA :</b>	San Marcos de la Aguada, 17 Norte Manzana "M", Lote "B". 2da Etapa, Mala - Cañete - Lima Monitoreo Calidad de Agua	
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	2019/08/31	
<b>MUESTRA TOMADA POR :</b>	EL CLIENTE	
<b>PROTOCOLO :</b>	-	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Potable	
<b>NÚMERO DE MUESTRAS :</b>	4	
<b>PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.	
<b>CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS</b>	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.	
<b>FECHA DE RECEPCIÓN :</b>	lunes, 09 de septiembre de 2019	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Según se indica.	
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :</b>	2019-09-09 al 2019-09-18	
<b>FECHA DE REPORTE :</b>	miércoles, 18 de septiembre de 2019	
<b>PERIODO DE CUSTODIA :</b>	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.	

  
**EDGAR NINA VELÁSQUEZ**  
Jefe Ambiental  
CQP. 729  
Lima, 18 de septiembre de 2019

\*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.\*  
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".  
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.  
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió por parte del cliente.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas N° 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656  
e-mail: certimin@certimin.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Fuente: Laboratorio Certimin


N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Nor* WGS-84	MA1000 Est* WGS-84	MA1000 Altitud* msnm	MA1000 Temperatura* °C	MA1000 T-Aire* °C	MA1000 pH* Unid de pH	MA1000 Conductiv.* µmho/cm	MA1000 Oxig(d)* mg/L	MA1000 Salinidad* %	MA0121 Ag(t) mg/L	MA0121 Al(t) mg/L	MA0121 As(t) mg/L	MA0121 Ba(t) mg/L
1	F-A															
2	F-B1															
3	F-B2															
4	F-C															



Fuente: Laboratorio Certimin

## Anexo 16

### Resultados del Análisis de Arsénico del Séptimo día- Laboratorio Certimin

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-022</b>	 Página 1 de 6 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE -022
<b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>N° SEP1119.R19</b>		
<b>SOLICITANTE :</b>	HENRRY ALEJANDRO CALDERON MARAVI	
<b>DOMICILIO LEGAL :</b>	C.P. San Marcos de la Aguada Mz N2 Lt 3 Mala, Cañete, Lima	
<b>SOLICITADO POR :</b>	Henry Alejandro Calderon Maravi	
<b>SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:</b>	SSA N° 432-19 Cadena de Custodia N° 1874-19/CERTIMIN	
<b>REFERENCIA :</b>	San Marcos de la Aguada, 17 Norte Manzana "M", Lote "8". 2da Etapa, Mala - Cañete - Lima Monitoreo Calidad de Agua	
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	2019/09/04	
<b>MUESTRA TOMADA POR :</b>	EL CLIENTE	
<b>PROTOCOLO :</b>	--	
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Potable	
<b>NÚMERO DE MUESTRAS :</b>	4	
<b>PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Frascos de polietileno refrigerados y sellados.	
<b>CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS</b>	Muestra en buena condición para el análisis solicitado.	
<b>FECHA DE RECEPCIÓN :</b>	lunes, 09 de septiembre de 2019	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Según se indica.	
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :</b>	2019-09-09 al 2019-09-18	
<b>FECHA DE REPORTE :</b>	miércoles, 18 de septiembre de 2019	
<b>PERIODO DE CUSTODIA :</b>	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.	

  
**EDGAR NINA VELASQUEZ**  
Jefe Ambiental  
CQP. 729  
Lima, 18 de septiembre de 2019

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."  
"Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".  
Los resultados corresponden a las muestras indicadas.  
El laboratorio no es responsable de la información proporcionada por el cliente.  
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió por parte del cliente.

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas N° 845 - San Juan de Miraflores Telf.: (51-1) 205-5656  
e-mail: certimin@certimin.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Fuente: Laboratorio Certimin

N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Nor* WGS-84	MA1000 Est* WGS-84	MA1000 Altitud* msnm	MA1000 Temperatura* °C	MA1000 T-Aire* °C	MA1000 pH* Unid de pH	MA1000 Conductiv.* µmho/cm	MA1000 Oxig(d)* mg/L	MA1000 Salinidad* %	MA0121 Ag(t) mg/L 0.002	MA0121 Al(t) mg/L 0.02	MA0121 As(t) mg/L 0.008	MA0121 Ba(t) mg/L 0.001
1	F-A															
2	F-B1															
3	F-B2															
4	F-C															



Fuente: Laboratorio Certimin



## Anexo 17

### Panel Fotográfico



#### MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO

Para la contrucción de los biofiltros se empleo los siguientes materiales y herramientas: tubos, Tapas de tubería, conectores macho y hembra, codos, tubos t, uniones, taladro, broca, wincha, arcosierra y pegamentos.



#### CONSTRUCCIÓN DE BIOFILTROS

Para la ejecución del proyecto de investigación se construyó 4 biofiltros conformados por un sistema de tuberías que permitió el ingreso del agua cruda y la salida del agua tratada.



### MATERIALES PARA EL ARMADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para la instalación de la Planta de tratamiento se empleó los siguientes materiales y herramientas: cilindro de 200 litros, mesa de madera, conectores macho y hembra, tubos, tubo T, codos, valvulas, caños, listones, baldes para el depósito de agua tratada, wincha, taladro, arco sierra, clavos, martillos y pegamentos de tubos.



### ARMADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La instalación de la Planta de Tratamiento para la Remoción de Arsénico consistió en la unión del cilindro donde se almacenó el agua cruda, sistema de tuberías que une el cilindro, los biofiltros y los baldes donde se almacenó el agua tratada. Todo esto estuvo soportado por una infraestructura de madera.





### RECOLECCION DE MATERIALES PARA LOS BIOFILTROS

Para poder iniciar con la ejecución del Proyecto de Investigación fue necesario recoger los siguientes materiales: Se recogieron manzanas desechadas provenientes del Mercado Mayorista de Manzana para ser convertidos en carbón, así como el recojo de arena y grava de las orillas del río Mala.



### DESINFECCIÓN DE LOS MATERIALES PARA LOS BIOFILTROS

Para asegurar que la arena y grava recogida no contengan microorganismos que puedan afectar la calidad del agua tratada, se pasó a desinfectarlos con agua hervida. Las manzanas recogidas fueron lavadas para quitar cualquier suciedad impregnada.



Fabricante de collage

### MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO

Para la elaboración del Carbón activado se necesitó: manzana, ácido fosfórico al 85% para la activación química de la manzana, agua destilada que permitió lavar el carbón activado para así poder disminuir su pH, balanza para pesar el carbón activado, y una jarra para medir el volumen del ácido fosfórico.



Fabricante de collage

### ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO

Para la obtención de carbón activado: Primero se incineró las manzanas en una parrilla metálica, segundo se realizó una etapa de chancado y tamizado, tercero se pasó a activar el carbón activado colocando 2 kilos de carbón por dos litros de ácido fosfórico en un recipiente metálico, cuarto se el recipiente con el carbón al fuego para que el carbón se active, quinto se pasó a una etapa de lavado con agua destilada para quitar restos del ácido, y por último se realizó la etapa de secado a temperatura ambiente.





### MATERIALES COLOCADOS DENTRO DEL BIOFILTRO

Los materiales que se colocaron dentro del biofiltro fueron los siguientes: Carbón activado a base de manzana, arena, grava, esponjas y rejillas.



### COLOCACIÓN DE MATERIALES DENTRO DEL BIOFILTRO

Dentro del biofiltro como primera capa se colocó grava, la segunda capa estuvo conformada por esponjas, en la tercera capa se colocó la primera rejilla, cuarta capa se colocó carbón activado, quinta capa se colocó la segunda rejilla, sexta capa se colocó arena y séptima capa la tercera rejilla, y por último se le cerro para luego continuar con el proceso de adsorción del arsénico.



## EXTRACCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Para iniciar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento y por consiguiente con la remoción de arsénico, lo primero que se realizó fue la extracción del agua cruda del Pozo de la Comunidad Campesina San Marcos de la Aguada, esta agua cruda extraída se almacenó en un cilindro de 200 litros.



## TOMA DE MUESTRAS PARA LA CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA

Para la caracterización inicial del agua, se realizó la toma de una muestra de agua del pozo subterráneo. Las muestras de agua se mandaron a analizar al laboratorio de CERTIMIN.





### INICIO DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Una vez terminado con la instalación de la Planta de Tratamiento y recibido los resultados de la caracterización inicial del agua subterránea por parte del Laboratorio CERTIMIN, se inició con la ejecución del proyecto, tomando en cuenta los parámetros operacionales como: caudal, carbón activado, tiempo, etc.



### MUESTREO DE AGUA TRATADA

Una vez iniciado con la ejecución del Proyecto de Investigación, se procedió a tomar muestras del agua tratada de los diferentes biofiltros durante los 7 días que duró la investigación. Se midieron ciertos parámetros fisicoquímicos (T, OD, TDS, Conductividad, Salinidad, PH). Para la medición del nivel de concentración de arsénico, se tomaron muestras y se mandaron a analizar al Laboratorio de CERTIMIN.



## **VISITA TÉCNICA DEL JURADO SUPERVISOR**

Para dar conformidad a la ejecución del Proyecto de Investigación, se planificó la visita técnica de Q.F Elmer Riveros Agüero a la Planta de Tratamiento ubicado dentro de la Comunidad Campesina San Marcos de La Aguada.

## **Anexo 18**

### *Bases Legales*

#### **- Ley General del Ambiente – Ley N°28611.**

Artículo 114° indica que el acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población. Corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares. En caso de escasez, el Estado asegura el uso preferente del agua para fines de abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.

Artículo N° 120 indica que el Estado a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso Hídrico del país.

#### **- Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales – DL N° 613.**

Título Preliminar inciso I indica que toda persona tiene el derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, y asimismo, a la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente.

Es obligación del Estado mantener la calidad de la vida de las personas a un nivel compatible con la dignidad humana. Le corresponde prevenir y controlar la contaminación ambiental y cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales.

#### **- Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338.**

Artículo N° 32 indica que las comunidades campesinas y nativas se organizan en torno a sus fuentes naturales, microcuencas y subcuencas de acuerdo con sus usos y costumbres. Las organizaciones tradicionales de estas comunidades tienen los mismos derechos que las organizaciones de usuarios.

Artículo N° 39 indica que el uso poblacional consiste en la captación del agua de una fuente o red pública, debidamente tratadas, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: preparación de

alimentos y hábitos de aseo personal. Se ejerce mediante derechos de uso de agua otorgados por la Autoridad Nacional.

- **Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.**

Artículo N° 58 indica que el uso poblacional consiste en la extracción del agua de una fuente a través de un sistema de captación, tratamiento y distribución, con el fin de satisfacer las necesidades humanas básicas: Preparación de alimentos y hábitos de aseo personal.

En estados de escasez hídrica, las autoridades locales, regionales y nacionales responsables de normar la prestación de servicios de saneamiento, dictaran las medidas de racionamiento para restringir el uso del agua que no esté destinado para satisfacer las necesidades personales señaladas en el acápite precedente.

- **Estándares de Calidad Ambiental para el Agua – D.S. N° 004-2017-MINAM.**

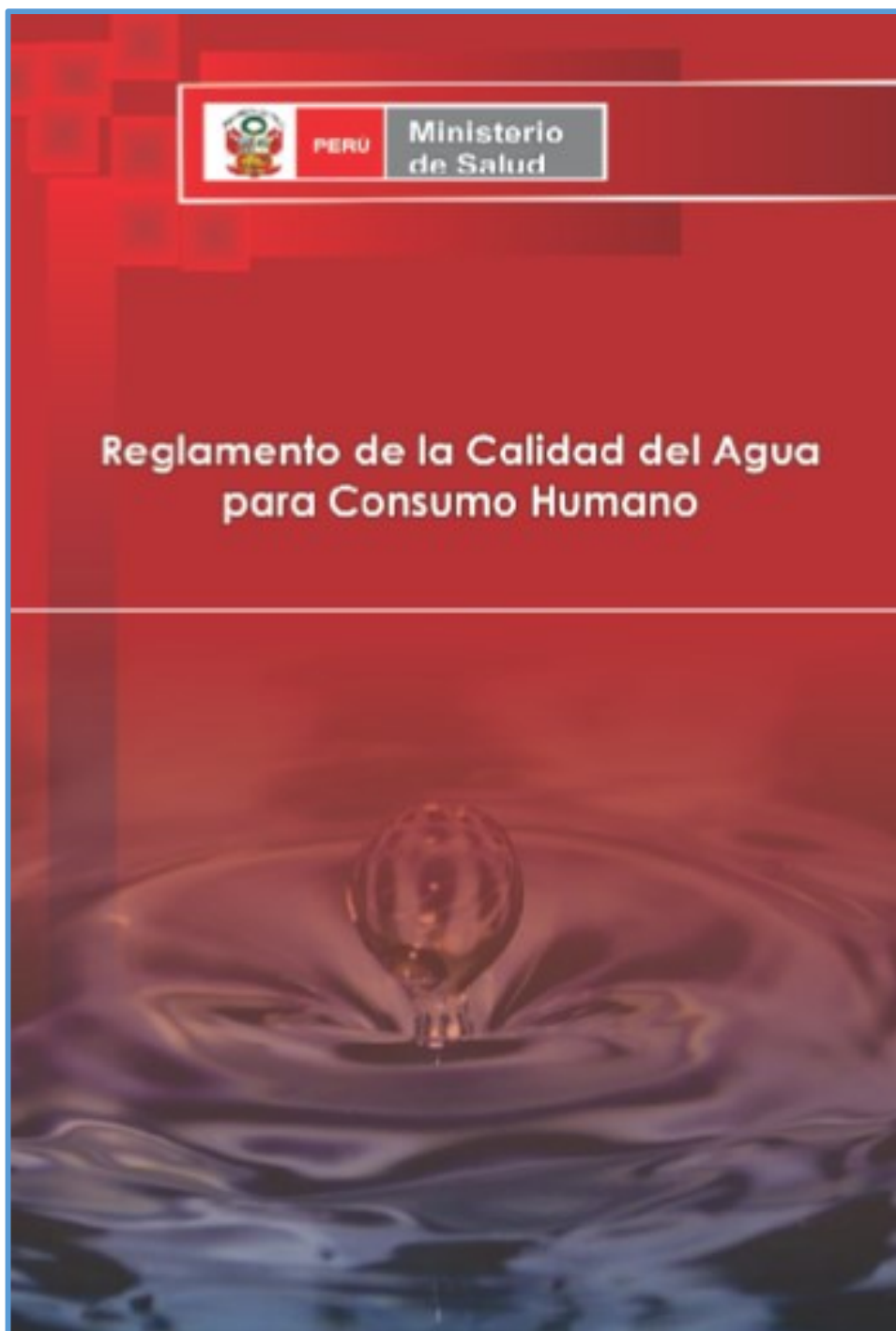
Primera disposición Complementaria indica que la aplicación de los ECA para agua en los instrumentos de Gestión Ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental. En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Parámetros	Unidades de Medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS – QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/l	0.5	1.7	1.7
Cianuro Total	mg/l	0.07	**	**
Cianuro Libre	mg/l	**	0.2	0.2
Cloruros	mg/l	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100(a)	**
Conductividad	µS/cm	1500	1600	**
DBO	mg/l	3	5	10
Dureza	mg/l	500	**	**
DQO	mg/l	10	20	30
Fenoles	mg/l	0.003	**	**
Fluoruros	mg/l	1.5	**	**
Fosforo Total	mg/l	0.1	0.15	0.15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos	mg/l	50	50	50
Nitritos	mg/l	3	3	**
Amoniaco	mg/l	1.5	1.5	**
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥6	≥5	≥4
Potencial de Hidrogeno	Unidad de Ph	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/l	250	500	**
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/l	0.9	5	5
Antimonio	mg/l	0.02	0.02	**
Arsénico	mg/l	0.01	0.01	0.15
Bario	mg/l	0.7	1	**
Berilio	mg/l	0.012	0.04	0.1
Boro	mg/l	2.4	2.4	2.4
Cadmio	mg/l	0.003	0.005	0.01
Cobre	mg/l	2	2	2
Cromo Total	mg/l	0.05	0.05	0.05
Hierro	mg/l	0.3	1	5
Manganeso	mg/l	0.4	0.4	0.5
Mercurio	mg/l	0.001	0.002	0.002
Molibdeno	mg/l	0.07	**	**
Níquel	mg/l	0.07	**	**
Plomo	mg/l	0.01	0.05	0.05
Selenio	mg/l	0.04	0.04	0.05
Uranio	mg/l	0.02	0.02	0.02
Zinc	mg/l	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	0.01	0.2	1.0
Trihalometanos	(e)	1.0	1.0	1.0
Bromoformo	mg/l	0.1	**	**
Cloroformo	mg/l	0.3	**	**
Dibromoclorometano	mg/l	0.1	**	**
Bromodiclorometano	mg/l	0.06	**	**

Fuente: D.S. N° 004 – 2017 – MINAM

- **Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano - D.S.031-2010-SA.**

Artículo N°1 establece las disposiciones generales con la relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.



*Fuente: Dirección General de Salud Ambiental - DS. N° 031-2010-SA*



## ANEXO I

### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

**Nota:** Los Límites Máximos Permisibles se encuentran en el Anexo I del Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano. **Fuente:** Dirección General de Salud Ambiental - DS. N° 031-2010-SA

## ANEXO II

### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**Nota:** Los Límites Máximos Permisibles se encuentran en el Anexo II del Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano. **Fuente:** Dirección General de Salud Ambiental.- **DS. N° 031-2010-SA**

ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE  
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrín	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04

**Nota:** Los Límites Máximos Permisibles se encuentran en el Anexo III del Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano. **Fuente:** Dirección General de Salud Ambiental.- DS. N° 031-2010-SA

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Ácido Nitriotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Cloropirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001

**Nota:** Los Límites Máximos Permisibles se encuentran en el Anexo III del Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano. **Fuente:** Dirección General de Salud Ambiental.- DS. N° 031-2010-SA

- **Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – R.J. N° 010-2016-ANA.**

El presente Protocolo es de uso obligatorio a nivel nacional para el monitoreo de la calidad ambiental del agua de los cuerpos de agua tanto continentales (ríos, quebradas, lagos, lagunas, entre otras) como marino – costeros (bahías, playas, estuarios, manglares, entre otros) en cumplimiento de la Ley de Recursos Hídricos.



**Fuente:** Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

## 6.14. Medición de los parámetros de campo

Los parámetros para medir en campo son pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, entre otros. para la medición de parámetros en campo se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- En el caso de ríos accesibles y de bajo caudal, se recomienda tomar los parámetros de campo directamente en el cuerpo de agua, caso contrario utilizar un balde limpio y transparente.



- Medir los parámetros oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y temperatura (como mínimo), la lectura de los valores deberá ser realizada de forma inmediata, luego de tomada la muestra de agua.
- Si se producen variaciones significativas de medidas entre dos muestras, es necesario calibrar el equipo.
- Las mediciones deberán registrarse en el formato de registro de datos de campo (véase el anexo I).
- Se deberán limpiar los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso y, adicionalmente, entre muestreo y muestreo, a fin de evitar posibles contaminaciones y deterioro. Para la limpieza exterior de los equipos de muestreo es recomendable lavarlos con suficiente agua destilada/desionizada, sin causar daños internos que puedan alterar las características de los diferentes componentes. Es importante llevar a campo las herramientas necesarias y apropiadas para efectuar la limpieza de los equipos que lo requieran.

## 6.15. Procedimiento para la toma de muestras

Antes de iniciar el muestreo, todo el personal que manipula los equipos de toma de muestra, los recipientes y frascos o los reactivos de preservación, deberá colocarse guantes descartables, mascarilla y gafas protectoras.

**Nota:** Medición de parámetros de campo y procedimiento para la toma de muestras **Fuente:** Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA



#### a. Toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal

Es aplicable para ríos de bajo caudal o de poca profundidad, donde exista fácil acceso de ingreso al río. Se deberá evitar la contaminación de las muestras por disturbar los sedimentos del fondo o de la orilla del cauce.

##### Procedimiento:

- (a.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (a.2). Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- (a.3). Medir los parámetros de campo directamente en el río o tomando un volumen adecuado de agua en un balde limpio y evitar hacer remoción del sedimento. Seguir los procedimientos indicados en el ítem 6.14 y registrar las mediciones en el formato de registro de datos de campo (anexo I).



- (a.4). Coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (a.5). Antes de coleccionar las muestras, los frascos se deben enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.

**Nota:** Procedimiento para la toma de muestras **Fuente:** Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

(a.6). Coger la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.

(a.7). Para los parámetros orgánicos (aceites y grasas, hidrocarburos de petróleo, etc.) la toma de muestras se realiza en la superficie del río.

(a.8). Considerar un espacio de alrededor de 1% aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación.

(a.9). Para muestras microbiológicas dejar un espacio del 10% del volumen del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.

(a.10). Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), el frasco debe llenarse lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.

(a.11). Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.



#### **b. Toma de muestras en ríos o lagos desde la orilla**

Este procedimiento se realiza cuando la corriente del río es caudaloso o profundo y en el muestreo de lagos desde la orilla, utilizando un brazo muestreador.

##### **Procedimiento:**

(b.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.

(b.2). Ubicarse en un punto donde exista fácil acceso, donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta.

**Nota:** *Procedimiento para la toma de muestras Fuente: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA*



#### d. Toma de muestras desde puentes

Este procedimiento es aplicable para ríos caudalosos que tienen acceso de puentes, para ellos se debe emplear un balde transparente de 4 a 20 litros, según corresponde, y una cuerda de nylon.

- (d.1). Ubicarse en el centro del puente.
- (d.2). Amarrar y asegurar el balde con la cuerda de nylon.
- (d.3). Bajar el balde y llenarlo, evitando la remoción de sedimentos del fondo del cauce. Al momento de subir el balde, se debe evitar raspar estructuras del puente con la cuerda para no contaminar las muestras.
- (d.4). Enjuagar el balde y lavar los últimos metros de la cuerda de nylon.
- (d.5). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en el formato de registro de datos de campo (anexo I).
- (d.6). Tomar otra muestra de agua con el balde para el lavado de los frascos dos veces y lavar la cuerda.



- (d.7). Llenar cada recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.6) hasta (a.11).

**Nota:** *Medición de parámetros de campo y procedimiento para la toma de muestras Fuente: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA*

## Anexo VII

### Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
<b>1.- Químico-Físicos</b>			
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
	Botellas de vidrio Winkler	Fijar el oxígeno. Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	4 días
pH	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Turbiedad	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
Bicarbonatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	14 días
Carbonatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	14 días
Cianuro libre	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	7 días
Cianuro WAD			(24 horas si está presente sulfuro)
Cianuro total	Plástico o vidrio	Agregar NaOH a pH>12. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	14 días (24 horas si está presente sulfuro)
Cloruros	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Color	Plástico o vidrio	Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	5 días
Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días	Plástico o vidrio	Lenar recipiente y sellar sin burbujas. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
	Plástico	Congelar por debajo de -18° C. Almacenar a oscuras o usar botellas oscuras.	1 mes (6 meses si >50 mg/L)
Demanda química de oxígeno	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6 meses
	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	6 meses
Dureza	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .	1 mes
Fluoruros	Plástico, pero sin PTFE	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Olor	Vidrio	Se puede realizar un análisis cualitativo <i>in situ</i> .	6 horas
Silicatos	Plástico	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Sólidos disueltos totales	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	7 días
Sólidos suspendidos totales	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	2 días
Sulfatos	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	1 mes
Sulfuros	Plástico	Fijar el sulfuro al agregar 2 ml de solución de acetato de zinc. Si el pH no está entre 8,5 y 9,0, agregar NaOH. Si se sospecha que el agua ha sido dorada, por cada 1000 ml de muestra agrega 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O al recipiente tras la recolección de la muestra (o tras el muestreo).	7 días
Sulfuro de hidrógeno			

**Nota:** Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado se encuentran en el Anexo VII del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. **Fuente:** Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

PARÁMETRO	TIPO DE RECIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
<b>2.- Nutrientes</b>			
Fosfatos	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Filtrar in situ. Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
		Congelar por debajo de -18° C.	1 mes
Fósforo total	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> o HNO <sub>3</sub>	1 mes
		Congelar por debajo de -18° C.	6 meses
Nitrógeno amoniacal	Plástico o vidrio	Filtrar in situ.	24 horas
	PE	Filtrar in situ. Acidificar a pH 3 ±0.5 con HNO <sub>3</sub>	14 días
	Vidrio o PTFE	Filtrar in situ. Acidificar a pH 1 - 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	14 días
	Plástico	Congelar por debajo de -18°C.	1 mes
Nitratos	Plástico o vidrio	Filtrar in situ.	4 días
Nitritos	Plástico o vidrio	Filtrar in situ.	4 días
Nitrógeno total	Plástico o vidrio	Filtrar in situ.	4 días
	Plástico	Acidificar a pH 1 - 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .	1 mes
<b>3.- Metales y metaloides</b>			
Corrida de metales totales	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Corrida de metales disueltos	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Filtrar in situ. Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Aluminio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Antimonio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> . Se debería usar HCl si se usa la técnica de hidruros para análisis.	1 mes
Arsénico	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> . Se debería usar HCl si se usa la técnica de hidruros para análisis.	6 meses
Bario	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Berilio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Boro	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
Cadmio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
Calcio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .	1 mes
Cobalto	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .	1 mes
Cobre	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
Cromo	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
Cromo hexavalente	Plástico o vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	24 horas
Hierro	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .	1 mes

**Nota:** Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado se encuentran en el Anexo VII del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. **Fuente:** Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

PARÁMETRO	TIPO DE RECIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
Litio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub>	1 mes
Magnesio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub>	1 mes
Manganeso	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl o HNO <sub>3</sub>	1 mes
Mercurio	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
Níquel	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
Plata	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Plomo	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
Selenio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub> . Se debería usar HCl si se usa la técnica hídrica para análisis.	1 mes
Sodio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Uranio	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Vanadio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes
Zinc	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub>	6 meses
<b>4. Orgánicos</b>			
Aceites y grasas	Vidrio, boca ancha	Acidificar a pH 1 - 2 con HCl, HNO <sub>3</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mes
Hidrocarburos totales de petróleo, HTTP	Vidrio, boca ancha	Conservadas a 5°C ± 3°C	4 días
		Acidificar a pH 1 - 2 con HCl, HNO <sub>3</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mes
Detergentes	Vidrio	Conservadas a 5°C ± 3°C	2 días
		Agregar solución de formaldehído.	4 días
		Congelar por debajo de -18° C.	1 mes
<b>5.-Compuestos orgánicos volátiles</b>			
1,1,1-Tricloroetano	Vidrio o viales (espacio de cabeza) con tapa con septa de PTFE	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO <sub>3</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 días (24 horas sin preservación)
1,1-Dicloroetano			
1,2-Dicloroetano			
1,2-Diclorobenceno			
Tetracloroetano			
Tetracloruro de Carbono			
Trihalometanos totales			
Tricloroetano			
Hexaclorobutadieno	Vidrio oscuro	Ajustar pH a 5.0 - 7.5	7 días (24 horas, si el pH está fuera del rango de 5.0-7.5)

**Nota:** Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado se encuentran en el Anexo VII del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. **Fuente:** Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
<b>8.- Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	Vidrio estéril	Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo. Almacenar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$ y en oscuridad.	24 horas
Coliformes Totales			
Enterococos fecales			
<i>Escherichia coli</i>			
<i>Giardia duodenalis</i>			
<i>Salmonella sp.</i>			
<i>Vibrio cholerae</i>	Plástico, con boca ancha.	Almacenar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$ y en oscuridad.	24 horas
Formas parasitarias			
Huevos de Helmintos			
<b>9.- Otros Parámetros</b>			
Clorofila a	Plástico o vidrio	Filtrar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
		Tras el filtrado y la extracción con etanol caliente, congelar por debajo de $-18^{\circ}\text{C}$ .	1 mes
		Tras el filtrado, congelar por debajo de $-18^{\circ}\text{C}$ .	14 días
		Tras el filtrado, congelar por debajo de $-80^{\circ}\text{C}$ .	1 mes

**Nota:** Conservación y Preservación de Muestra de Agua en Función del Parámetro Evaluado se encuentran en el Anexo VII del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. **Fuente:** Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA



## Anexo 19

### Resolución de Designación de Asesor

# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### RESOLUCIÓN N° 426-2019-D-FI-UDH

Huánuco, 16 de abril de 2019

Visto, el Oficio N° 273-2019-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 2879-18, del estudiante **Henry Alejandro, CALDERÓN MARAVÍ**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita cambio de Asesor de Tesis.

#### CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 2879-18, presentado por el (la) estudiante **Henry Alejandro, CALDERÓN MARAVÍ**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 131-2018-D-FI-UDH, de fecha 12 de Marzo de 2019, en la cual se designa como Asesor de Tesis del estudiante **Henry Alejandro, CALDERÓN MARAVÍ** al Ing. Simeón Edmundo Calixto Vargas, el mismo quien no dispone de tiempo para dicho asesoramiento, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### SE RESUELVE:

**Artículo Primero.- DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 131-2019-D-FI-UDH, de fecha 12 de Marzo de 2018.

**Artículo Segundo.- DESIGNAR**, como nuevo Asesor de Tesis del estudiante **Henry Alejandro, CALDERÓN MARAVÍ** a la Ing. María Vanessa Cuba Tello, Docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO DE FACULTAD  
*[Signature]*  
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
*[Signature]*  
Ing. Bertha Campos Ríos  
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - EAPIA- Asesor - Exp. Graduando - Mat. y Reg.Acad. - File Personal - Interesado - Archivo.  
BCR/JP/R/nto



## Anexo 20

### Carta de Aceptación para Ejecución de Proyecto de Investigación



## COMUNIDAD CAMPESINA DE MALA

*Reconocida por R.S. el 2 de Setiembre de 1931  
Inscrito en los Registros Públicos de Cañete  
Partida Electrónica N° 90095455*

---

### CONSTANCIA

LOS ADMINISTRADORES JUDICIALES DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE MALA, QUE SUSCRIBEN,

**HACEN CONSTAR:**

Que el Sr. HENRRY ALEJANDRO CALDERON MARAVI, identificado con DNI 73498329, desarrollara su tesis de investigación intitolado: "REMOCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE CASCARA DE MANZANA EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL CC.PP. SAN MARCOS DE LA AGUADA DE LA COMUNIDAD CAMPESINA DE MALA EN EL MES DE MAYO 2019"; en el distrito de Mala, provincia de Cañete y departamento de Lima.

Se expide el presente documento, a solicitud del interesado para los fines que estime pertinentes.

Mala, 15 de Abril del 2019

Atentamente,



COMUNIDAD CAMPESINA DE MALA

*Georges M.*

---

FIDENCIO TORRES MEZA  
ADMINISTRADOR JUDICIAL



COMUNIDAD CAMPESINA DE MALA

*Marino Jony Salazar Chacon*

---

MARINO JONY SALÁZAR CHACÓN  
ADMINISTRADOR JUDICIAL

---

Av. Sánchez Cerro Mz. "N1" – Lote 11 – San Marcos de la Aguada Telf.: 3013536 MALA-PERU  
comunidadcampesinademala@outlook.com

Fuente: Comunidad Campesina de Mala – San Marcos de la Aguada



## Anexo 21

### Resolución de Aprobación de Proyecto de Investigación

#### UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

#### RESOLUCIÓN N° 570-2019-CF-FI-UDH

Huánuco, 05 de Julio de 2019

Visto, el Oficio N° 466-2019-C-EAPIA-FI-UDH, del Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, referente a **Henry Alejandro, CALDERON MARAVI**, del Programa Académico Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

#### CONSIDERANDO:

Que, según Resolución N° 529-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 1726-19, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por **Henry Alejandro, CALDERON MARAVI**, ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 466-2019-C-EAPIA-FI-UDH, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 05 de Julio de 2019 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

#### SE RESUELVE:

**Artículo Primero.** - APROBAR, el Proyecto de Investigación Titulado: "REMOCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE EL USO DEL BIOFILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DE CÁSCARA DE MANZANA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EMPLEADAS PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN MARCOS DE LA AGUADA, MALA, LIMA, JULIO -2019" presentado por **Henry Alejandro, CALDERON MARAVI** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO DE FACULTAD  
Ing. JOHNNY A. JACHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
Mg. Bertha Campos Rios  
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - EAPIA - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.  
BCR/JJR.

Fuente: Universidad de Huánuco