



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Eliminación de microplásticos en agua potable mediante musgo *Sphagnum magellanicum* en Puente Piedra y San Martín de Porres, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Br. Fuentes Bolaños, Katherine Helen (ORCID: 0000-0002-8104-5459)

Br. Torres Rengifo, Cristhian Robert (ORCID: 0000-0002-6269-0153)

ASESOR:

Dr. Jiménez Calderón, César Eduardo (PhD) (ORCID: 0000-0001-7894-7526)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Gestión Ambiental

LIMA- PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

Dedicamos el presente trabajo de investigación a nuestros padres, familiares y amigos más cercanos por sacarnos una sonrisa en nuestros momentos difíciles, por darnos cada día la motivación para ser mejores, de mantenernos constantes para lograr nuestros objetivos y por cada vivencia.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la oportunidad que nos ha brindado, por la salud y por el conocimiento adquirido en el transcurso de la elaboración del presente trabajo de investigación.

Agradecemos a nuestros padres por todo su apoyo brindado durante toda nuestra vida académica, de la misma manera a todos nuestros amigos que estuvieron apoyándonos durante todo el proceso.

Así mismo, a nuestro asesor teórico César Jimenez Calderón por todos los conocimientos brindados a lo largo de todo el proceso de la elaboración del trabajo de investigación y al honorable jurado.

Agradecemos de manera especial a nuestra asesora práctica, la D. Q. F. Rosalbina De La Cruz Dávila por su apoyo durante la parte experimental del presente trabajo.

## INDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
INDICE.....	VI
INDICE DE TABLAS .....	VII
INDICE DE FIGURAS .....	VIII
RESUMEN .....	X
ABSTRACT.....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO.....	20
<b>2.1 Tipo y diseño de investigación</b> .....	20
<b>2.2 Operacionalización de variables</b> .....	21
<b>2.3 Población, muestra y muestreo (incluir criterios de selección)</b> .....	22
<b>2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	23
<b>2.5 Procedimiento</b> .....	25
<b>2.6 Métodos de análisis de datos</b> .....	29
<b>2.7 Aspectos éticos</b> .....	29
III. RESULTADOS.....	30
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	49
V. CONCLUSIONES .....	53
VI. RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS .....	63

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Partículas de microplásticos en agua potable a nivel mundial .....	2
<b>Tabla 2:</b> Microplásticos en agua embotellada a nivel mundial .....	3
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de calidad de agua potable.....	14
<b>Tabla 4.</b> Matriz de Operacionalización .....	21
<b>Tabla 5.</b> Instrumentos de recolección de datos.....	23
<b>Tabla 6.</b> Validación de expertos .....	24
<b>Tabla 7.</b> Materiales de investigación .....	24
<b>Tabla 8.</b> Microplásticos en agua potable – Puente Piedra .....	30
<b>Tabla 9:</b> Microplásticos en agua potable - San Martín de Porres.....	31
<b>Tabla 10:</b> Reducción de microplásticos - Puente Piedra .....	32
<b>Tabla 11.</b> Reducción de microplástico - San Martín de Porres .....	33
<b>Tabla 12.</b> Reducción de microplásticos por hora .....	34
<b>Tabla 13.</b> Reducción de microplásticos por hora .....	34
<b>Tabla 14.</b> Resultados de los análisis de calidad organoléptica – Puente Piedra .....	35
<b>Tabla 15:</b> Resultados de los análisis de calidad organoléptica – San Martín de Porres .....	37
<b>Tabla 16.</b> Variación de pH en Puente Piedra y San Martín de Porres .....	39
<b>Tabla 17.</b> Reducción de pH por horas .....	39
<b>Tabla 18.</b> Variación de CE en Puente Piedra y San Martín de Porres.....	40
<b>Tabla 19.</b> Reducción de CE.....	40
<b>Tabla 20.</b> Variación de turbidez en Puente Piedra y San Martín de Porres.....	41
<b>Tabla 21.</b> Incremento de turbidez.....	41
<b>Tabla 22:</b> Variación de aluminio en San Martín de Porres y Puente Piedra .....	42
<b>Tabla 23:</b> Variación de arsénico en San Martín de Porres y Puente Piedra .....	44
<b>Tabla 24.</b> Análisis microbiológicos – Puente Piedra.....	46
<b>Tabla 25.</b> Análisis microbiológico - San Martín de Porres .....	47
<b>Tabla 26:</b> Características de microplásticos – Puente Piedra.....	48
<b>Tabla 27:</b> Características de microplásticos – San Martín de Porres .....	48

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Línea de Tiempo de la Historia del plástico .....	1
<b>Figura 2:</b> Microplásticos depurados de agua potable domiciliaria.....	3
<b>Figura 3.</b> Estructura del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> .....	12
<b>Figura 4.</b> Microplásticos de 100 µm .....	15
<b>Figura 5.</b> Mapa de Puente Piedra y San Martín de Porres.....	22
<b>Figura 6.</b> Fases del procedimiento .....	28
<b>Figura 7.</b> Microplásticos en Puente Piedra.....	30
<b>Figura 8.</b> Microplásticos en San Martín de Porres .....	31
<b>Figura 9.</b> Reducción de microplástico en Puente Piedra.....	32
<b>Figura 10.</b> Reducción de microplásticos en San Martín de Porres.....	33
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de eliminación de microplásticos.....	34
<b>Figura 12.</b> Variación de pH en Puente Piedra .....	35
<b>Figura 13.</b> Variación de CE en Puente Piedra.....	36
<b>Figura 14.</b> Variación de turbidez en Puente Piedra.....	36
<b>Figura 15.</b> Variación de pH en San Martín de Porres .....	37
<b>Figura 16.</b> Variación de CE en San Martín de Porres .....	38
<b>Figura 17.</b> Variación de turbidez en San Martín de Porres .....	38
<b>Figura 18.</b> Reducción de pH.....	39
<b>Figura 19.</b> Reducción de CE .....	40
<b>Figura 20.</b> Variación de turbidez.....	41
<b>Figura 21.</b> Variación de aluminio en Puente Piedra.....	42
<b>Figura 22.</b> Variación de aluminio en San Martín de Porres .....	43
<b>Figura 23.</b> Porcentaje de reducción de aluminio.....	43
<b>Figura 24.</b> Variación de arsénico en Puente Piedra.....	44
<b>Figura 25.</b> Variación de arsénico en San Martín de Porres .....	45
<b>Figura 26.</b> Porcentaje de reducción de arsénico.....	45
<b>Figura 27.</b> Variación de microorganismos en Puente Piedra .....	46
<b>Figura 28.</b> Variación de microorganismos en San Martín de Porres.....	47
<b>Figura 29.</b> Determinación de microplásticos.....	64
<b>Figura 30.</b> Toma de muestras .....	64
<b>Figura 31.</b> Uso del musgo .....	65
<b>Figura 32.</b> Análisis de calidad organoléptica .....	65
<b>Figura 33.</b> Análisis microbiológico.....	66

<b>Figura 34.</b> Microorganismos presentes en el agua potable antes y después del musgo .....	66
<b>Figura 35.</b> Fotos de los filtros de los puntos 1 y 2 - SMP .....	67
<b>Figura 36.</b> Fotos de los filtros de los puntos 3 y 4 - SMP .....	68
<b>Figura 37.</b> Fotos de los filtros de los puntos 1 y 2 - PP.....	69
<b>Figura 38.</b> Fotod de los filtro de los puntos 3 y 4 - PP.....	70
<b>Figura 39.</b> Resultados de análisis de aluminio y arsénico.....	71

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad eliminar las partículas de microplásticos presentes en el agua potable domiciliaria. Las micropartículas de plástico se encuentran presentes en el agua potable a nivel mundial, ya sea de grifo o embotellada, generando problemas para el ambiente y posiblemente para la salud pública. Para eliminar este contaminante del agua se empleó el musgo *Sphagnum magellanicum* debido a las características que presenta este espécimen, gracias a la ausencia de cutícula en sus hojas y tallos puede absorber y adsorbe pequeños sólidos como los microplásticos. El tipo de investigación fue aplicado, teniendo enfoque cuantitativo y diseño cuasi-experimental. La población seleccionada fue el agua potable domiciliaria de los distritos de Puente Piedra y San Martín de Porres, mientras que la muestra fue de 96 ejemplares obtenidos de 4 viviendas por cada distrito en mención, los datos de cada una de las muestras, así como de los resultados obtenidos después de la experimentación se rellenaron en una serie de instrumentos, tales como tabla de recolección de muestra, cadena de custodia, tabla de caracterización y tabla de resultados. La implementación del musgo *Sphagnum magellanicum* logró reducir un mínimo de 90.4% y un máximo de 97.27% la cantidad de microplásticos en el agua potable domiciliaria en un periodo de 1 y 4 horas respectivamente, logrando encontrar desde 14 hasta 26 partículas de plástico  $>0.45 \mu\text{m}$  por cada 250 mL de agua. Al analizar todos los resultados obtenidos se pudo concluir que el musgo *Sphagnum magellanicum* es eficaz al emplearlo como un depurador de microplásticos.

**Palabras clave:** *Sphagnum magellanicum*, microplástico, depuración y agua potable.

## ABSTRACT

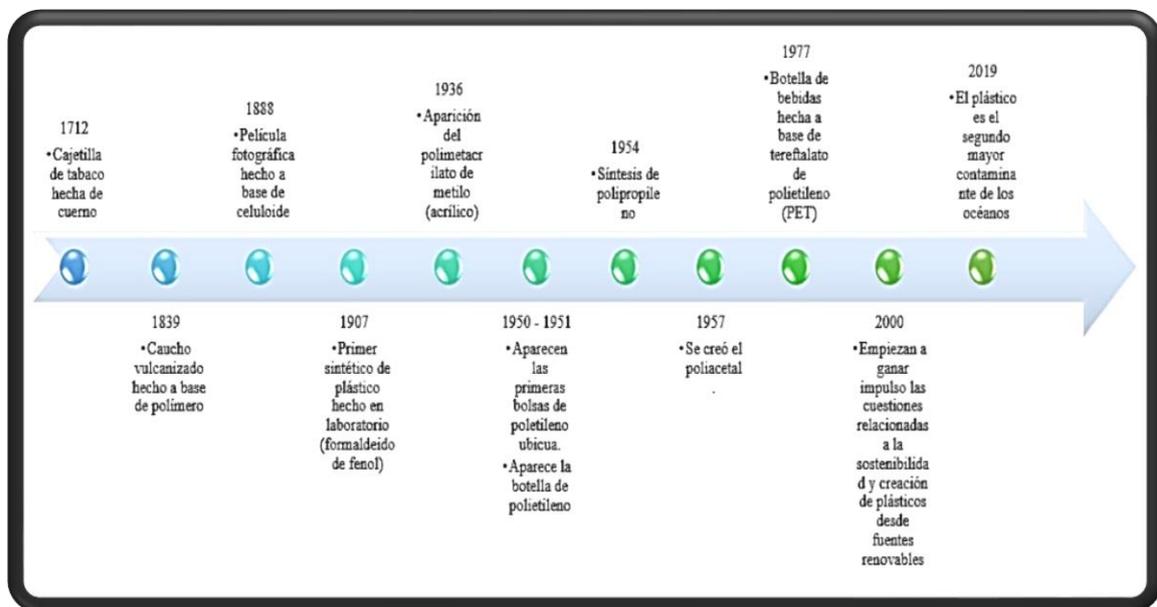
The purpose of this research was to eliminate the particles of microplastics present in household drinking water. Plastic microparticles are present in drinking water worldwide, either tap or bottled, causing problems for the environment and possibly for public health. To remove this contaminant from water, *Sphagnum magellanicum* moss was used due to the characteristics of this specimen, thanks to the absence of cuticle on its leaves and stems, it can absorb and adsorb small solids such as microplastics. The type of research was applied, taking quantitative approach and quasi-experimental design. The population selected was the household drinking water of the districts of Puente Piedra and San Martín de Porres, while the sample was 96 copies obtained from 4 homes for each district in question, the data of each of the samples, as well as the results obtained after the experimentation were filled in a series of instruments, such as sample collection table, chain of custody, characterization table and results table. The implementation of the *Sphagnum magellanicum* moss managed to reduce a minimum of 90.4% and a maximum of 97.27% the amount of microplastics in the household drinking water in a period of 1 and 4 hours respectively, managing to find from 14 to 26 plastic particles > 0.45  $\mu\text{m}$  for every 250 mL of water. When analyzing all the results obtained, it was concluded that *Sphagnum magellanicum* moss is effective when used as a microplastic scrubber.

**Keywords:** *Sphagnum magellanicum*, microplastic, depuration and drinking water.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo estudió la **realidad problemática** que causa la presencia de microplásticos en el agua potable.

La primera aparición del plástico se dio en 1712 como una simple caja de tabaco hecha a base de cuernos (**Figura 1**), desde entonces ha pasado por un proceso evolutivo hasta convertirse en uno de los principales contaminantes del planeta, el cual puede generar gases de hidrocarburos, lo que se refleja en las emisiones de CH<sub>4</sub> (metano) y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (etileno) (Royer et al., 2018), y micropartículas que se pueden encontrar flotando en los hogares hasta formar una isla a base de estos residuos en el océano Pacífico. El principal causante de la contaminación a base de plástico es el incremento descontrolado de su producción y uso desmesurado, se estima que de los 8 300 Mt de plásticos producidos en la actualidad sólo un 30% (2 500 Mt) presentan algún tipo de uso. Entre los años 1950 y 2015 los residuos de plásticos alcanzaron los 6 300 Mt, de los cuales sólo el 9% (600 Mt) ha sido reciclado y el 12% (800 Mt) fue incinerado (Geyer, Jambeck y Law, 2017). Debido al incremento de uso del plástico en el 2010 ingresaron entre 4.8 – 12.7 toneladas métricas (T/M) de diferentes tipos de plásticos provenientes de 192 países (Jambeck et al., 2015) y en las distintas fuentes de agua potable se encuentran presentes como micropartículas no perceptibles al ojo humano.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 1.** Línea de Tiempo de la Historia del plástico

Según diversas investigaciones, se ha comprobado que la gran mayoría de plásticos terminan en los océanos y ríos, alterando los ecosistemas acuáticos, pero esto no quiere decir que no afecte a la biocenosis terrestre. La presencia de plásticos en los ecosistemas acuáticos ha llegado al nivel de poder encontrarlos en el interior de los pescados, lo cual no sería ajeno a los animales de ecosistemas terrestres, dado que la presencia de este contaminante también está presente en partículas de menor tamaño, las cuales pueden llegar a ser de tamaño microscópico. En la actualidad, las personas ingieren microplásticos a través del agua (Kosuth, Mason y Wattenberg, 2018), lo cual se debe principalmente a que estas partículas no son percibidas por el ojo humano, esto conlleva a que no haya un control estricto sobre su uso y forma de disposición final, a nivel mundial se han encontrado partículas de microplásticos en grifos de diversos países del mundo (Tabla 1), teniendo a EE. UU. como el país que presenta mayor presencia de este contaminante antropogénico en el agua potable con una media de 9.24 partículas/L y por el contrario Alemania presentó la menor presencia de partículas de plástico con una media de 0.91 partículas/L (Tabla 1).

**Tabla 1.** Partículas de microplásticos en agua potable a nivel mundial

COUNTRY/SOURCE	NO. SAMPLES	Particles Per Liter <sup>a</sup>			
		MINIMUM	MAXMUM	MEAN	STD. DEV.
Cuba	1	---	---	7.17	---
Ecuador	24	0	9.04	4.02	3.20
England	3	3.66	13.0	7.73	4.76
France	1	---	---	1.82	---
Germany	2	0	1.82	0.91	1.29
India	17	0	20.0	6.24	6.41
Indonesia	21	0	10.8	3.23	3.48
Ireland	1	---	---	1.83	---
Italy	1	---	---	0 <sup>b</sup>	---
Lebanon	16	0	23.3	6.64	6.38
Slovakia	8	0	10.9	3.83	4.47
Switzerland	2	0	5.47	2.74	3.87
Uganda	26	0	12.7	3.92	3.17
USA	33	0	60.9	9.24	11.8
Bottled Water	3	1.78	5.37	3.57	1.79

<sup>a</sup>For countries with only one sample, the density of anthropogenic debris is provided as the mean with no values given for min., max., or standard deviation.  
<sup>b</sup>While anthropogenic debris was found within this sample, the sample itself had less than the deionized blank and, thus, its value is listed as zero.

**Fuente:** Anthropogenic contamination of tap water, beer and sea salt

La ingesta de microplásticos en agua potable no se debe exclusivamente al agua proveniente de los grifos, estos también podrían estar en diferentes fuentes de agua potable, como aguas subterráneas o embotelladas (Mason, Sheri A., Welch y Neratko, 2017). Debido al proceso por el que pasa el agua antes de su comercialización y de los mismos envases plásticos en los que se comercializan alrededor del mundo. En el agua embotellada de 11 marcas líderes de 9 diferentes países en 5 continentes se encontraron un 93% de aguas embotelladas

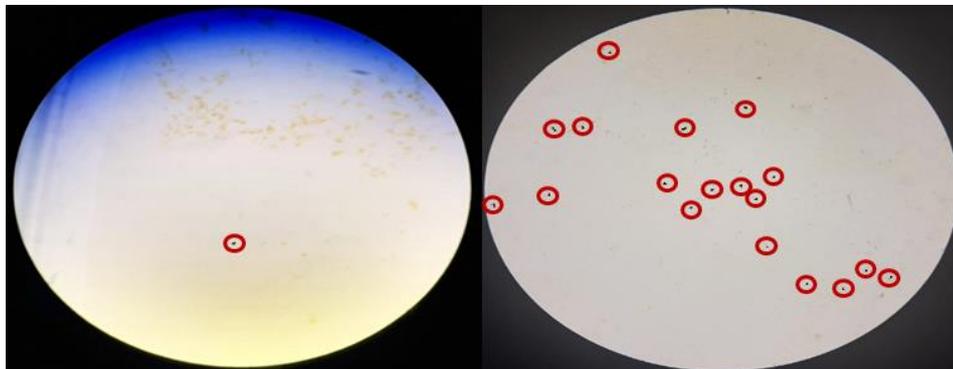
contaminadas con partículas de plástico de 0.10 milímetros y una media de 10.4 partículas de plásticos por litro de agua embotellada, teniendo una mayor presencia de las partículas de microplásticos en el agua embotellada Pure Life (**Tabla 2**).

**Tabla 2: Microplásticos en agua embotellada a nivel mundial**

Brand	Lot	Purchase Location	Average Microplastic Densities (MPP/L)			Minimum	Maximum
			NR+FTIR confirmed particles (>100 um)	NR tagged particles (6.5-100 um)	Total Average		
Aqua	IB 101119	Jakarta, Indonesia	6.68	30.4	37.1	3	133
Aqua	BB 311019 08:11 PSRL6	Bali, Indonesia	10.5	695	705	1	4713
Aqua	BB 311019 09:50 STB1	Medan, Indonesia	6.93	397	404	0	3722
Aquafina	Oct0719	Amazon.com	14.8	237	252	42	1295
Aquafina	BN7141A04117	Chennai, India	11.6	162	174	2	404
Bisleri	HE.B.No.229 (BM/AS)	Chennai, India	18.0	808	826	39	5230
Bisleri	MU.B.No.298 (MS/AD)	Mumbai, India	8.85	204	213	2	1810
Bisleri	SO.B.No.087 (AS/LB)	New Delhi, India	0.57	3.15	3.72	0	32
Dasani	Oct 0118NHBRB	Amazon.com	14.6	150	165	85	303
Dasani	P18NOV17CG3	Nairobi, Kenya	6.28	68.3	74.6	2	335
E-Pura	17.11.18	Mexico City, Mexico	22.3	664	686	11	2267
E-Pura	14.10.18	Tijuana, Mexico	7.76	12.2	20.0	3	92
E-Pura	09.08.18	Reynosa, Mexico	0.21	37.1	37.3	0	149
Evian	PRD 03 21 2017 14:02	Amazon.com	26.0	171	197	126	256
Evian	PRD 05 24 17 11:29	Fredonia, NY, USA	1.51	56.7	58.2	0	256
Gerolsteiner	07.142018 2	Fredonia, NY, USA	14.8	1396	1410	11	5106
Gerolsteiner	NV No. AC-51-07269	Amazon.com	8.96	195	204	9	516
Minalba	FAB: 211017 09:06SP	Sao Paulo, Brazil	2.56	37.5	40.1	4	199
Minalba	FAB: 160817 15:05SP	Aparecida de Goiania, Brazil	5.30	7.19	12.5	0	47
Minalba	FAB: 091217 16:53SP	Rio de Janeiro, Brazil	5.01	145	150	0	863
Nestle Pure Life	100517 278WF246	Amazon.com	29.8	2247	2277	51	10390
Nestle Pure Life P:	4/11/17 01:34 AZ	Beirut, Lebanon	11.0	38.2	49.3	6	153
Nestle Pure Life	730805210A 23:28	Bangkok, Thailand	18.0	450	468	11	3526
San Pellegrino	BBE 11.2018 10	Amazon.com	1.68	28.6	30.3	0	74
Wahaha	20171102 1214JN	Jinan, China	9.10	147	156	30	731
Wahaha	20171021 3214GH	Beijing, China	5.53	61.2	66.7	13	178
Wahaha	20171103 2106WF	Qingdao, China	4.40	62.7	67.1	1	165

**Fuente:** Synthetic polymer contamination in bottled water.

Para elaborar el presente trabajo de investigación se tuvo que determinar la presencia de micropartículas de plástico en agua potable domiciliaria presentes en las áreas de estudio (Puente Piedra y San Martín de Porres), mediante un proceso de filtración por goteo a través de filtros de celulosa de 0.45 µm, logrando observar la presencia de un mínimo de 1 y un máximo de 18 partículas de microplásticos por cada 250 mL de agua en los 8 análisis realizados (**Figura 2**).



**Fuente:** Foto original

**Figura 2:** Microplásticos depurados de agua potable domiciliaria

Al realizar la presente investigación se tomó como base una serie de **antecedentes** relacionados a la presencia y eliminación de microplásticos en agua potable con la finalidad de encontrar un método viable de descontaminar este tipo de agua que contienen micro partículas de plástico.

El gran incremento de la producción de plásticos y su excesivo uso ha generado que se formen islas de este producto en los océanos del mundo, siendo trascendental combatir con este problema ya que afecta tanto a la biocenosis como biotopo. Si bien la contaminación ambiental a causa del plástico es un problema de conocimiento global, hay un problema imperceptible que ha ido tomando mayor importancia en los últimos años a causa del uso de este material, (Kosuth, Mason y Wattenberg, 2018) ha logrado identificar la presencia de micropartículas de plástico en el agua potable proveniente de grifos domiciliarios alrededor de todo el mundo. En Estados Unidos se ha logrado identificar, en promedio, 9.24 micropartículas por litro de agua potable, mientras que en Alemania se ha encontrado 0.91 partículas de microplástico por litro.

El agua potable de grifo no es la única agua contaminada por partículas de microplásticos en el mundo. Debido a su tamaño, las micropartículas de plástico, pueden estar presentes en distintas fuentes o dispensadores de agua, (Mason, S.A., Welch y Neratko, 2017) una de las aguas que presentan este contaminante son las aguas embotelladas en las cuales se llegó a encontrar hasta 2247 partículas de microplásticos que presentan un tamaño entre 6.5 – 100  $\mu\text{m}$  en un análisis a nivel mundial.

La presencia de microplásticos en agua potable es un problema que ha ido tomando importancia en la actualidad. En países europeos como República Checa se ha cuantificado y comparado las micropartículas de plástico presentes en agua cruda y tratada procedente de diversas fuentes (Pivokonsky et al., 2018), para una mayor exactitud se tomaron las muestras de agua en la temporada de invierno, debido a la mínima presencia de fitoplancton que pueda interferir en los análisis, entre noviembre de 2017 y enero de 2018. Estos análisis dieron a conocer que las partículas de microplásticos presentes en agua cruda oscilan entre 1383 y 4464 partículas/L., mientras que en el agua tratada se presencié una cantidad considerablemente menor de microplásticos, teniendo una presencia mínima de 243 partículas/L y un máximo de 684 partículas/L. Con estos datos se puede concluir que la presencia de microplásticos en agua cruda presenta una variación de  $1473 \pm 34$  a  $3.605 \pm$

497 partículas/L., por otro lado, la presencia de microplásticos en el agua tratada varía entre  $338 \pm 76$  a  $628 \pm 28$  partículas/L.

La evidencia de la contaminación de agua potable por micropartículas de plástico hace que nos cuestionemos en qué otras fuentes pueden estar presente este contaminante. En el noreste de Alemania se realizaron análisis de diferentes fuentes de agua subterránea (Mintenig et al., 2019), las muestras se obtuvieron de pozos con una profundidad de 30 m. ubicados en Holdorf, estas muestras de agua presentaron concentraciones de 0 a 7 partículas/m<sup>3</sup>, esto se puede interpretar como una media de 0.7 partículas/m<sup>3</sup>, lo que no presenta riesgo para la salud humana.

Estudios referidos a microplásticos resaltan por su capacidad de permanecer en diversos entornos al mismo tiempo, incluso se han presenciado microplásticos en precipitaciones atmosféricas en algunas ciudades (Chen, Feng y Wang, 2019). Los textiles sintéticos representan el foco principal para la generación de microplásticos, los cuales son transportados por el aire, causando riesgos en la salud de la población, puesto que inhala directamente estas micropartículas. La presencia y permanencia de microplásticos suspendidos en el aire dependerá de las condiciones meteorológicas presentes y de las actividades que realice el hombre, propagando la contaminación en ambientes acuáticos (Chen, Feng y Wang, 2019).

La contaminación a cuerpos de agua es generada por escorrentía de agentes pluviales que contienen microplásticos, constatada por la realización de siete muestreos en lugares de Tijuana, México (de Jesus Piñon-Colin et al., 2019). Donde se pudo identificar la existencia de 66 a 191 partículas, encontrándose la mayor proporción de partículas en suelo industrial, llegando a un nivel de carga anual de  $8 \times 10^5$  y  $3 \times 10^6$  partículas de microplásticos que en su mayoría eran fibras y polietileno, respectivamente (de Jesus Piñon-Colin et al., 2019).

El desempeño de la actividad industrial y la actividad humana viene provocando el incremento de la contaminación por microplásticos hacia el medio que nos rodea (Deng et al., 2019). Por tal motivo, se plantea el estudio de microplásticos presentes en muestras de agua y dentro de sedimentos recolectados de un área industrial textil ubicado en la ciudad de Shaoxing, China, donde se obtuvo como resultados, variaciones de 2.1 a 71 partículas / L en

muestras de agua, y de 16.7 a 1323.3 partículas / kg (peso seco) en muestras de sedimentos, en ambas evaluaciones figuró la predominancia de un 95% de poliéster en agua y un 79% de poliéster en sedimentos, donde destacó la presencia de fibras, las cuales tenían un tamaño menor a 1 mm. Al encontrar un elevado nivel de contaminación por microplásticos en agua dulce y sedimentos se puede indicar que se ejerza una severa regulación en las áreas de producción a fin de reducir efectivamente la gran contaminación microplástica (Deng et al., 2019).

La fragmentación de los residuos plásticos es variable, donde pueden llegar a tener un diámetro menor a 5 mm, al cual se le asigna el nombre de microplásticos (Li, Busquets y Campos, 2019). Actualmente la problemática sobre la contaminación microplástica se presenta con una amplia gama de concentraciones, de donde se obtuvo una concentración de 70% de microplásticos presentes en aguas dulces conteniendo polietileno, polipropileno, poliestireno y tereftalato de polietileno (Li, Busquets y Campos, 2019).

La evaluación de microplásticos presentes en agua de mar libre ha sido analizada mediante comparación de números reales en dos botellas de plástico y se analizaron simultáneamente en 12 laboratorios de gran experiencia a nivel mundial (Isobe et al., 2019). Donde la incertidumbre asumida se basaba en inexactitudes en tamaños de los microplásticos, por lo que se estableció que la distribución del tamaño de microplásticos debe ser alisada empleando para tal evaluación una media móvil que contenga una longitud mayor a 0,5 mm a fin de reducir la incertidumbre a menos de  $\pm 20\%$ , ya que se determinó que el número de microplásticos menores a 1 mm fue subestimado en un 20% incluso cuando se emplea la adecuada metodología de medición para microplásticos en laboratorios (Isobe et al., 2019).

Los microplásticos pueden adoptar distintas formas, dentro de los cuales pueden ser clasificados en fibras, fragmentos y partículas. En aguas superficiales como es el caso del río amarillo los microplásticos en forma de fibra representan el 93,12%, los microplásticos menores a 200 micras representan el 87,94% y están presente en todos los puntos del río (Han et al., 2019). Para la determinación de la composición de microplásticos fue necesario un análisis de espectrómetro de infrarrojos, donde se obtuvo la presencia de polietileno, polipropileno y poliestireno, las abundancias medias de microplásticos en el seco y estaciones húmedas fueron 930 y 497 artículo / L, respectivamente. La distribución que

adopten los microplásticos en el río y la densidad que posean son factores de nivel primario que determinarán las concentraciones del microplástico (Han et al., 2019).

La identificación y aparición de los microplásticos ha provocado considerarlo como un contaminante ambiental emergente, debido a su fácil transporte por poseer un minúsculo tamaño (Cook et al., 2019). Para ejercer un monitoreo de su movimiento se empleó los principios fluorométricos, donde se evaluó colorantes fluorescentes y microplásticos fluorescentes de colores (polietileno) en un canal de flujo con fluorómetros de fibra óptica estándar, considerando la flotabilidad neutra, construido en un laboratorio, donde los resultados obtenidos indicaron que poseen un comportamiento similar dentro de un soluto (rodamina) dando inicio a establecer la teoría de la dispersión clásica que fundamenta su utilización dentro de un flujo de canal abierto y uniforme (Cook et al., 2019).

La contaminación ambiental provocada a raíz del uso de los plásticos viene generando un grave problema a la salud pública, dentro de los cuales tenemos en gran proporción los microplásticos encontrados en los intestinos, que vienen desarrollando inflamación y mecanismos subyacentes mal caracterizados (Li et al., 2020). Donde se evaluó el efecto obtenido de la permanencia de los microplásticos de polietileno, basada en la aplicación de diversas cantidades, de donde al final dicha evaluación se demostró que los microplásticos a base de polietileno induce a la generación de una bacteriosis intestinal e inflamación, brindando un sustento para iniciar una cultura de prevención e impulsar la elaboración de tratamiento de microplásticos enfocados a la eliminación de la generación de enfermedades (Li et al., 2020).

El microplástico presenta diferentes vías de fragmentación, que en su mayoría de casos se manifiesta en el aire y en el agua, pero considerando ningún esfuerzo externo, pues la fragmentación se dará mayormente en agua (Julienne, Delorme y Lagarde, 2019). Las características mecánicas que pueda poseer la superficie ejerce una posición importante dentro de la vía hacia fragmentación, dado que los tamaños distribuidos de los fragmentos resultantes de plástico presentes en el agua pueden vincularse al origen que tenga polímero respecto a su proceso de fabricación empleado, luego de la permanencia del plástico por un periodo de 25 semanas podemos afirmar que 90% de fragmentos obtenidos son mayores a 1mm adoptando formas similares denominados fragmentos micrométricas (Julienne, Delorme y Lagarde, 2019).

En los últimos años, el incremento de microplástico presentes en el agua ha ido cobrando una gran preocupación por el potencial riesgo al medio ambiente y a la salud, donde para realizar una evaluación del agua dulce del Reino Unido se examinaron publicaciones del entorno, donde sólo el 32% de publicaciones de los estudios de microplástico en el Reino Unido han abarcado ambientes de agua dulce (Meng, Kelly y Wright, 2019). Indicando a grandes rasgos que los impactos en la biota van a ser similares al generado en agua marina, dados por medio de mecanismos microbianos físicos y químicos, donde se puede manifestar que la presencia de microplásticos en agua dulce es un tema de emergencia internacional que requiere la total atención y establecer los esfuerzos y apoyo necesario para mejorar las investigaciones sobre el tema (Meng, Kelly y Wright, 2019).

La determinación de las propiedades de los microplásticos pudo demostrar que tienen la capacidad de absorber contaminantes químicos como es el caso de metales y productos farmacéuticos (Godoy et al., 2019), donde para tal afirmación se puso a evaluación cinco distintos tipos de microplásticos sometido en agua de origen natural, obteniendo como resultados que la materia orgánica desempeña un factor importante para la absorción de metales, adquiriendo una mejor absorción de metales en aguas que presentando una elevada demanda química de oxígeno y demanda biológica de oxígeno, como es el caso de las aguas urbanas y aguas de riesgo (Godoy et al., 2019).

Los microplásticos en la actualidad han adquirido una gran atención a nivel mundial por la contaminación y persistencia que poseen convirtiéndolas en un foco emergente, cada vez se encuentran más muestras de microplásticos, no sólo en aguas en bruto sino también en aguas tratada, es decir aguas que ya han pasado por una sistema de tratamiento (Wang, Lin y Chen, 2020), por tal motivo se evaluó las propiedades y los destinos que tienen los microplásticos en plantas de tratamiento de agua (ETAP). Donde se pudo corroborar que la coagulación asociada a la sedimentación y posteriormente a la filtración granular carbón activado ejerce de forma adecuada la eliminación de microplásticos (Wang, Lin y Chen, 2020).

Los estudios de contaminación de aguas por la presencia de microplásticos ha sido comúnmente evaluado en aguas superficiales que en su mayoría son océanos y ríos, brindándole menor importancia a la contaminación suscitada en acuíferos y siendo

desconocido para muchas personas ya que normalmente sólo se menciona como una recomendación que se requiere mayor investigación (Re, 2019). La contaminación por microplástico puede ser transportado a los acuíferos mediante la lixiviación o la infiltración, esto puede ser dado por los poros característicos del suelo, de tal manera que es de gran importancia, evaluar no sólo la presencia y el final de fibras microplásticas en las aguas subterráneas, sino evaluar el desempeño que tiene el microplástico como agente contaminante en el acuífero y estableciendo la normalización y la organización de campañas de monitoreo (Re, 2019).

La presencia de microplásticos en aguas de consumo humano ha llevado a que se busquen métodos para la eliminación de este contaminante desde el mismo tratamiento, para esto se debe usar la corriente del proceso del tratamiento de agua potable, esto podría ayudar a determinar si el agua se contamina durante su recorrido desde la planta hasta el hogar. Una de los métodos de eliminación de microplásticos en el agua potable se ha da aplicando pequeñas dosis de  $\text{FeCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$  (Ma, Xue, Ding, et al., 2019), este método dio a conocer que en las partículas de menor tamaño ( $d < 0,5 \text{ mm}$ ) la reducción fue de  $3,43\% \pm 0,96\%$ ,  $6,71\% \pm 1,26\%$ ,  $8,24\% \pm 1,22\%$ ,  $11,72\% \pm 0,96\%$ ,  $13,27\% \pm 2,19\%$  y  $12,65\% \pm 1,09\%$  en presencia de 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, y 5 mmol / L de  $\text{FeCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$ , mientras que los de las partículas grandes ( $2 < d < 5 \text{ mm}$ ) solo eran  $0,37\% \pm 0,16\%$ ,  $1,02\% \pm 0,33\%$ ,  $2,58\% \pm 0,81\%$ ,  $2,13\% \pm 0,74\%$ ,  $2,29\% \pm 0,32\%$  y  $2,81\% \pm 0,69\%$ , respectivamente. Estos resultados nos muestran que la aplicación de  $\text{FeCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$  para la eliminación de microplásticos en agua potable es más eficiente en las partículas de menor tamaño.

El incremento de microplásticos en fuentes de agua potable ha provocado que cada vez más personas le toman importancia a este problema mundial. Para poder solucionar el problema que genera los microplásticos en la salud de los seres vivos y el ambiente se ha buscado otros métodos de purificación, uno de estos métodos es la aplicación de coagulantes de Fe y Al en el tratamiento de potabilización de agua (Ma, Xue, Hu, et al., 2019). En la aplicación de  $\text{FeCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$  se observó que los microplásticos de menor tamaño ( $d < 0,5 \text{ mm}$ ) se redujeron en  $8,24\% \pm 1,22\%$  y  $12,65\% \pm 1,09\%$  en presencia de 0,5 mM y 5 mM  $\text{FeCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$ , respectivamente, esto en la presencia de un pH de 7. Por otro lado, la reducción de microplástico ( $d < 0,5 \text{ mm}$ ) fue  $8,28\% \pm 1,06\%$  en presencia de  $\text{AlCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$  en 0,5 mM, pero con un aumento de dosis de  $\text{AlCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$ , la eficiencia de eliminación de microplásticos

incrementa ligeramente en las partículas de menor tamaño ( $d < 0,5$  mm), aumentando a  $36,89\% \pm 3,24\%$  en presencia de sales basadas en Al mM 15, logrando concluir que los coagulantes de  $\text{AlCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$  son más eficaces que los coagulantes de  $\text{FeCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$  para la eliminación de microplásticos en agua potable.

El estado actual de los microplásticos en agua potable ha llevado a buscar métodos de descontaminación más eco-amigables, en los que puede resaltar el musgo *Sphagnum palustre* L. (Capozzi et al., 2018) el cual ha sido sometido a un medio acuoso con el fin de comprobar su capacidad de retención de microplásticos, logrando comprobar que retiene estas partículas en sus hojas con una amplia capacidad de retención, conforme pasaban los días se presenció mayor cantidad de partículas teniendo un mínimo de 19 y máximo de 681 partículas/m<sup>2</sup>, esto se debe principalmente a la composición de las hojas del musgo *Sphagnum palustre* L.

La contaminación con microplásticos ha ido en crecimiento en el ecosistema humano, estos están presentes no solo en los océanos, también se encuentran en los alimentos, aire y agua potable (Eerkes-Medrano, Leslie y Quinn, 2018). El agua potable se obtiene principalmente de fuentes de agua superficiales y también de aguas subterráneas, las cuales pueden ser contaminadas con microplásticos que se encuentran en su entorno, pero esto no quiere decir que estas sean las únicas fuentes de agua potable que se vean contaminadas por estas partículas, si bien los estudios de microplásticos en agua potable recién han empezado a tomar importancia desde el 2018, ya se ha demostrado que el agua de los grifos de las casas también contienen este contaminante, por lo que su consumo puede tornarse en una actividad cotidiana, lo que genera un peligro a la salud de las personas, dado que la ingesta de este material microscópico puede generar inflamación crónica y alteraciones en los tejidos humanos (Eerkes-Medrano, Leslie y Quinn, 2018).

Los microplásticos en agua potable al no presentar, aparentemente, perjuicio alguno a la población humana no tiene un estándar de análisis o estudio de calidad que pueda certificar su procedimiento de evaluación en las diferentes investigaciones que se realizan en relación a este problema que está en crecimiento a nivel mundial (Koelmans et al., 2019). De 50 distintas investigaciones de microplásticos en agua potable, solo se encontraron 4 como aptos por los diversos estándares que pasaron, esto debido a que la gran mayoría carecían de estándares de calidad en su tratamiento, cómo el entorno donde se examinaron, los

laboratorios donde se analizaron, identificación de polímeros, entre otros, a esto se le agrega la falta de un análisis detallado a las partículas más pequeñas de microplásticos.

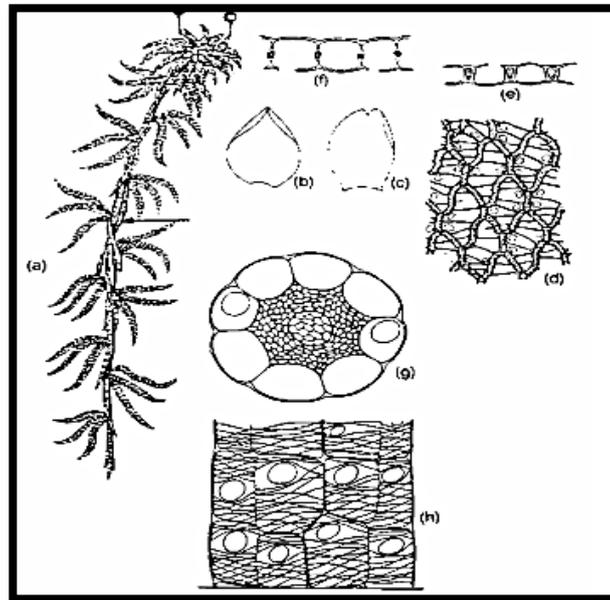
Los microplásticos se pueden encontrar en diversas fuentes de agua ya sean potables o no aptas para el consumo humano, estas fuentes pueden ser los océanos, ríos, lagos y aguas subterráneas (Novotna et al., 2019). Ya que, el potable domiciliaria es principalmente agua de río tratada, nos debemos preguntar si las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) brindan un adecuado procedimiento de eliminación de estos. Después de analizar el agua tratada de diferentes PTAR, se pudo encontrar una que logró reducir entre el 70 y 80% la cantidad de microplásticos, aunque no se puede considerar un procedimiento adecuado para su eliminación debido a que no se logró identificar el proceso que eliminó esta cantidad de microplásticos, por otro lado también se pudo encontrar un método de eliminación de este contaminante mediante coagulación, pero solo es aplicable con dosis de coagulante, lo cual no se aplica en el tratamiento de potabilización de agua.

Los microplásticos pueden ser caracterizar teniendo en cuenta su peso, tamaño y color (Rios Vela, 2017) esta caracterización siguen un proceso riguroso de tamizado, el cual definirá su tamaño y la media de este, y mediante el proceso espectrofotométrico se podrá identificar sus colores con ayuda de su proceso de análisis infrarrojo y una tabla de colores por píxeles, esta metodología sirvió para identificar la presencia de polietileno de alta densidad (negro, verde, azul y blanco) y polipropileno (amarillo) en 0.05 m<sup>3</sup> en el balneario Costa Azul.

La presente investigación sido realizada tomando en cuenta una serie de **teorías** relacionadas al proyecto a realizar.

El género *Sphagnum* magellanicum es el que tiene más presencia entre los musgos, no son de gran tamaño y suelen crecer a poca distancia unas de otras, de esta manera logran formar cojines encima de las rocas, troncos y suelo, una de sus características es su capacidad de soportar anegamientos. El *Sphagnum* magellanicum tiene la capacidad de acumular carbono debido a que pertenece a la vegetación de las turberas, esto debido a las condiciones de los humedales a los que estos pertenecen (originados en el último periodo glacial), la turba también se puede usar en procesos de aglomeración y tratamiento de aguas residuales, esto debido a la capacidad filtrante y absorbente que posee. Desde un punto de vista ecológico,

económico y social las turberas son de gran relevancia debido a su importancia en el ciclo hidrológico, debido a su capacidad de retención de agua dulce y carbono (Salinas, M., Cartes, 2009). Debido a la ausencia de cutícula en sus hojas y tallos tiene la capacidad de absorción y adsorción, funciones claves para asegurar su nutrición (**Figura 3**).



**Fuente:** Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el Pompoñ en la isla de Chiloé

**Figura 3.** Estructura del musgo *Sphagnum magellanicum*

- a) Gametofito y esporofito
- b) Filidio en una rama
- c) Filidio del eje principal o caulidio
- d) Células de una hoja
- e) Corte transversal de un filidio
- f) Corte transversal de un filidio
- g) Corte transversal de un caulidio
- h) Corte transversal de un caulidio

El agua que es la principal fuente de vida en el planeta y está presente en el crecimiento y desarrollo de todas las especies de los diferentes ecosistemas del mundo y, aunque hay especies que pueden sobrevivir sin este recurso por años, es trascendental para la vida en el planeta. A pesar de ser un compuesto tan importante en el desarrollo de la vida, su composición estructural es sumamente sencilla, se compone de dos moléculas de hidrógeno y una molécula de oxígeno, unidas y estabilizadas por enlaces covalentes. Su distribución

electrónica es sumamente irregular debido a que el oxígeno atrae los electrones de los enlaces covalentes, haciendo que la mayor densidad electrónica se centre a su alrededor (carga negativa) y alrededor del hidrógeno la menor (carga positiva) (Carbajal Azcona y González Fernández, 2012). Entre sus propiedades podemos encontrar que es incolora, insípida e inodora (sin color, sin sabor y sin olor), se amolda al recipiente en el que se encuentre siempre que esté en estado líquido y su densidad es 1, lo que hace que un litro de ella sea igual a un kilo, esto siempre y cuando no tenga algún tipo de agregado.

El agua salada es un deshidratador natural debido a las elevadas cantidades de sales en su composición (3.5 g/L.). Esta cantidad de sales presente en este tipo de agua hace que al ser ingerida el cuerpo busque eliminar el este exceso de sal mediante la orina, lo cual genera una necesidad mayor de hidratación. El gran porcentaje del agua que cubre la Tierra (97.5%) es agua salada, no apta para el consumo humano, la cual se puede encontrar en océanos (96.54%), aguas subterráneas salobres (0.93%) y en lagos de agua salada (0.01%) (Ercilio et al., 2005).

El agua dulce tiene una mínima cantidad de sales en su composición. El bajo nivel de sales en este tipo de agua hace que pueda ser usada por el ser humano para potabilizar y consumirla o para riego. La presencia del agua dulce en la tierra es del 2.5% del agua total del planeta, está agua está presente, en su mayoría, en glaciares (68.7%), luego está distribuida en agua dulce subterránea (30.06%), gelisuelo (0.86%), lagos de agua dulce (0.26%), humedad del suelo (0.05%), vapor de agua atmosférica (0.04%), pantanos, humedales (0.03%), ríos (0.01%) e incorporados de la biota (0.003%) (Ercilio et al., 2005).

En el Perú el agua potable para consumo humano tiene una serie de parámetros establecidos por el Ministerio de Salud (MINSA) en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano (**Tabla 3**), el cual ha sido basado comparado con los parámetros establecidos por el Organismo Mundial de la Salud (OMS). Estos parámetros tienen como finalidad preservar la salud de las personas que la consuman y se dividen en microbiológicos y parasitológicos, calidad organoléptica, químicos inorgánicos y orgánicos, y radiactivos (MINSA Ministerio de Salud, 2011).

**Tabla 3. Parámetros de calidad de agua potable**

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (PERÚ)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (OMS)
Bacterias Coliformes Totales (1)	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0 (*)
E. Coli (1)	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)	0 (*)
Turbiedad (2)	UNT	5	5
pH (2)	Unidad de pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8
Conductividad 25°C (2)	µmho/cm	1500	-
Aluminio (2)	mg/L	0.2	-
Arsénico (3)	mg/L	0.01	-

(1) PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

(2) PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

(3) PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

UFC= Unidad formadoras de colonias

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

UNT= Unidad nefelométrica de turbiedad

**Fuente:** Elaboración propia

Los parámetros establecidos por la DIGESA pueden variar en caso de un desastre natural y ser repartida por los proveedores de agua potable siempre y cuando esté aprobado por la Dirección Regional de Salud (DIRESA), Gerencia Regional de Salud (GRS) o las Direcciones de Salud (DISA) (MINSA Ministerio de Salud, 2011).

Los plásticos son materiales que están hechos de estructuras moleculares resistentes, hechos por componentes orgánicos de gran peso molecular lo que le permite tener una forma sólida al final de su proceso de elaboración a base de presión o calor. Se caracterizan por tener una alta densidad, tener propiedades para el aislamiento eléctrico y térmico, y ser resistentes a los ácidos, álcalis y disolventes. Los plásticos son elaborados mediante la polimerización y se puede dividir en varios tipos, teniendo como uno de los más importantes al tereftalato de polietileno (PET) (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2007).

El plástico natural que se hace a base de materiales naturales. Estos plásticos se pueden moldear y conformar por el calor. Uno de estos materiales es la resina del árbol de pino, el cual se utiliza para fabricar el ámbar, usando comúnmente en la joyería (Andrady, 2015).

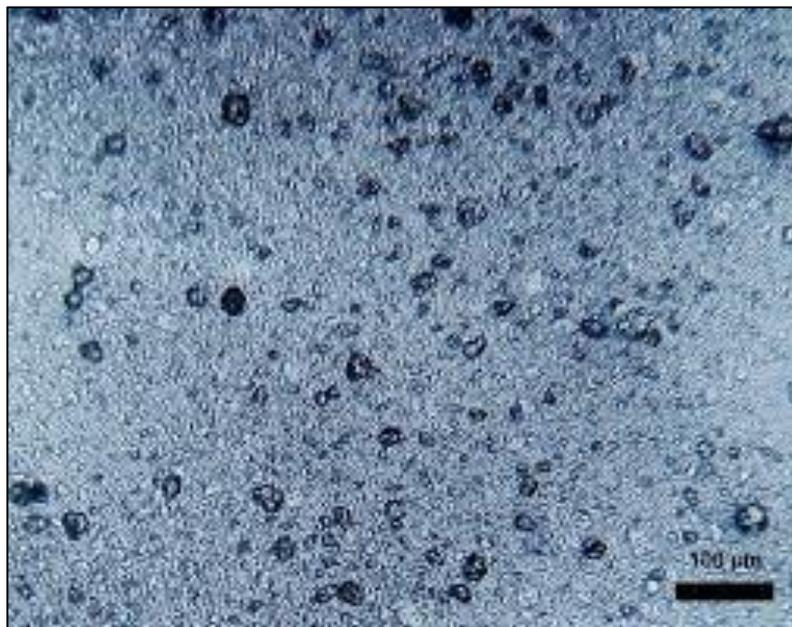
Los plásticos semisintéticos, este tipo de plástico está elaborado a base de materiales naturales modificados, mediante la mezcla de estos con otros componentes como el ácido acético, que al mezclarlo con celulosa da la fibra de celulosa (Andrady, 2015).

Los plásticos sintéticos que se caracterizan por estar hechos a base de materiales hechos a base de la descomposición del carbono, en su mayoría, el petróleo, gas y carbón. Su elaboración se da comúnmente en refinerías donde se le cambia su estructura molecular mediante la

aplicación de calor, este es el primer paso para la producción de la mayoría de los plásticos presentes en la actualidad (Andrady, 2015).

El PET, el cual es un poliéster termoplástico semicristalino y uno de los principales plásticos en el mundo debido a que es química y térmicamente estable, es fuerte y altamente durable, así como también presenta una baja permeabilidad a los gases y es fácil procesarlo, por estas características más de la mitad de las fibras sintéticas hechas alrededor del mundo son a base de PET. Entre sus principales usos destacan las fibras, películas y láminas, su uso más específico es en los alimentos, envases de bebidas, artículos del hogar, partes de automóviles, etc. (Webb et al., 2013).

Los microplásticos son partículas de polímeros de un tamaño  $<5$  mm producto de las diferentes actividades industriales y/o de la descomposición o fragmentación de los plásticos teniendo como principales componentes en su estructura al carbono e hidrógeno (**Figura 4**).



**Fuente:** <http://supermiljobloggen.se/nyheter/2016/09/osteraker-fasar-ut-mikroplaster>

**Figura 4.** Microplásticos de 100  $\mu$ m

El **enfoque contextual** del presente trabajo de investigación se basa en investigaciones realizadas que buscan mitigar la problemática de los microplásticos en el agua potable.

La presencia de microplásticos en fuentes de agua potable ha llevado que se realice estudios sobre este problema (Pivokonsky et al., 2018). La presencia de partículas microplásticas en agua cruda y tratada puede llegar a ser >4000 por otro lado, se sabe que en las aguas tratadas de pozos la presencia de microplásticos puede llegar a ser hasta de  $628 \pm 28$  partículas/L (Pivokonsky et al., 2018).

La eliminación de microplásticos presentes en el agua potable se ha tomado como prioridad para algunos investigadores, lo cual ha hecho que se prueben algunos métodos para lograrlo (Ma, Xue, Ding, et al., 2019), uno de estos métodos ha sido la aplicación de coagulantes de Fe y Al, los cuales disminuyeron el tamaño de los microplásticos teniendo una mayor efectividad la aplicación del  $\text{AlCl}_3 - 6\text{H}_2\text{O}$  sin embargo, este proceso no es aplicable en el tratamiento de aguas llevado a cabo en una PTAR (Ma, Xue, Hu, et al., 2019). Por otro lado, la implementación de un método eco-amigable para descontaminar el agua potable contaminada por microplásticos, para llevar a cabo esto se ha colocado musgos en el agua contaminada buscando que este contaminante se adhiera a sus hojas de la especie *Sphagnum palustre* L. (Capozzi et al., 2018).

Las fuentes de agua potable como los pozos o aguas subterráneas son unas de las más contaminadas por los microplásticos y las investigaciones sobre este contaminante en agua potable son recientes, ya se ha comprobado que también están presentes en el agua del grifo de los hogares (Eerkes-Medrano, Leslie y Quinn, 2018) debido a lo cual se han estudiado una serie de investigaciones respecto a este problema llegando a la conclusión que sólo un bajo porcentaje de estas se pueden considerar como confiables debido a que no hay parámetros establecidos para este tipo de contaminante (Koelmans et al., 2019).

La cantidad de microplásticos presentes en el agua potable que se consume a diario hizo que nos planteemos el siguiente **problema general de investigación**: ¿Cuán eficaz es el uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos en agua potable en Puente Piedra y San Martín de Porres?, para darle solución a esta incógnita nos planteamos una serie de problemas específicos.

El *primer problema específico* estuvo basado en la utilidad del musgo del género *Sphagnum* como un depurador de aguas haciendo que nos planteáramos la siguiente pregunta ¿Qué cantidad de microplástico absorbe y adsorbe la especie de musgo *Sphagnum magellanicum* en 250 mL de agua potable domiciliaria?

El *segundo problema específico* se planteó teniendo en cuenta las características que debe tener el agua potable y fue la siguiente ¿En cuánto varían los parámetros de calidad organoléptica del agua potable domiciliaria después del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos?

Para el *tercer problema específico* se consideró el segundo estándar de calidad de agua potable y fue ¿En cuánto varían los parámetros químicos del agua potable domiciliaria después del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos?

En el *cuarto problema específico* se tomó en cuenta el tercer parámetro de calidad de agua potable logrando plantear la siguiente interrogante ¿En cuánto varían los parámetros biológicos del agua potable domiciliaria después del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos?

El *quinto problema específico* se relacionó a una de las características de los microplásticos y fue ¿Cuáles son las características de los microplásticos depurados por el musgo *Sphagnum magellanicum*?

La **justificación de la investigación** se basó en los principales problemas que genera el plástico que, debido a su uso continuo o a su mismo proceso de degradación, desprende partículas microscópicas imperceptibles a simple vista para el ojo humano, las cuales terminan en el agua que ingerimos a diario.

El presente trabajo de investigación buscó eliminar las partículas microscópicas de plástico del agua potable domiciliaria, con el fin de evitar que se ingiera a través de esta o de los alimentos que son lavados o cocidos con el agua a la cual se tiene acceso a través de los grifos presentes en los hogares, evitando así el incremento de estas partículas en nuestro cuerpo y las posibles enfermedades que pueden causar.

Esta investigación tuvo como otro de sus fines, el dar a conocer la cantidad de microplásticos que las personas están ingiriendo a través del agua de sus hogares, como también el demostrar un método efectivo para la eliminación de estos desde sus hogares.

Como **objetivo de investigación** se buscó determinar cuán eficaz es el uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos en agua potable en Puente Piedra y San Martín de Porres, así como también los siguientes objetivos específicos:

En el *primer objetivo específico* se buscó demostrar qué cantidad de microplástico absorbe y adsorbe la especie de musgo *Sphagnum magellanicum* en 250 mL de agua potable domiciliaria.

El *segundo objetivo específico* fue determinar en cuánto varían los parámetros de calidad organoléptica del agua potable domiciliaria después del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos.

El *tercer objetivo específico* fue determinar cuánto varían los parámetros químicos del agua potable domiciliaria después del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos.

El *cuarto objetivo específico* buscó determinar cuánto varían los parámetros biológicos del agua potable domiciliaria después del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos.

El *quinto objetivo específico* tuvo como finalidad determinar cuáles fueron las características de los microplásticos depurados por el musgo *Sphagnum magellanicum*.

La **hipótesis de investigación** del presente trabajo fue: el musgo *Sphagnum magellanicum* es eficaz reteniendo partículas de microplásticos en agua potable domiciliaria.

La **hipótesis nula de investigación** del presente trabajo fue: el musgo *Sphagnum magellanicum* no es eficaz reteniendo partículas de microplásticos en agua potable.

La *primera hipótesis específica* fue que el musgo *Sphagnum magellanicum* absorbe y adsorbe un 85% de partículas de microplásticos presentes en el agua potable domiciliaria.

La *segunda hipótesis específica* planteada fue que los parámetros de calidad organolépticas del agua potable domiciliaria no presentan alteraciones luego del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos.

La *tercera hipótesis específica* fue que los parámetros químicos del agua potable domiciliaria no presentan variaciones luego del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos.

La *cuarta hipótesis específica* fue que los parámetros biológicos del agua potable domiciliaria no presentan alteraciones luego del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos.

La *quinta hipótesis específica* mencionó que los microplásticos depurados por el musgo *Sphagnum magellanicum* fueron de diversos colores y tamaños siendo la mayoría de tipo PET.

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación** del presente trabajo fue aplicado, con enfoque cuantitativo, dado que se realizó de manera rigurosa paso a paso, de forma secuencial y probatoria, los cuales arrojaron resultados que se analizaron mediante gráficos.

El **nivel de la investigación** fue descriptivo-correlacional, debido que se observó el musgo *Sphagnum magellanicum* y como este eliminaba el microplástico presente en el agua potable domiciliaria sin la intervención de ningún factor externo.

El **diseño de la investigación** es cuasi - experimental, debido a que los grupos a los que se les aplicó el tratamiento de eliminación de microplástico por el musgo *Sphagnum magellanicum* fueron elegidos por conveniencia, por ello se tomó una pre-prueba con la finalidad de comparar la equivalencia entre grupos.

## 2.2 Operacionalización de variables

**Tabla 4.** Matriz de Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	MEDIDA	ESCALA
DEPURACIÓN DE AGUA POTABLE CON MUSGO <i>Sphagnum magellanicum</i>	Musgo con propiedades de absorción y adsorción que retiene partículas de diversos tamaños dependiendo del tipo del material del cuerpo a ser depurado, permitiendo la eliminación de impurezas presentes en el agua.	Se medirá la cantidad de microplásticos depurados por el musgo de género <i>Sphagnum magellanicum</i>	Características del <i>Sphagnum magellanicum</i>	Absorción	mL	De razón
				Adsorción	N° de micropartículas por campo	De razón
PLÁSTICO	Polímero moldeable compuesto de un proceso químico a base de celulosa, proteína y resina. El cual puede llegar a tener un período de transformación de alrededor de quinientos años	Se tendrá en cuenta el tamaño y color de los microplásticos encontrados para determinar una posible fuente.	Características del Microplástico	Color	Píxel	Intervalo
				Tamaño	µm	De razón
AGUA POTABLE	Es toda agua de consumo humano que no presenta riesgo alguno para la salud de las personas. Para que el agua se considere potable y apta para su consumo debe cumplir con una serie de parámetros microbiológicos y parasitológicos, calidad organoléptica, químicos inorgánicos y orgánicos, y radiactivos	El agua potable será medida de acuerdo a sus parámetros físicos, químicos, biológicos y bacteriológicos, debido a que estos son los que influyen en la salud de las personas.	Parámetros de Calidad Organoléptica	Conductividad 25°C	S/m	De razón
				Turbidez	UNT	De razón
				pH	Unidad de pH	Intervalo
			Parámetros Químicas	Aluminio	mg/L	De razón
				Arsénico	mg/L	De razón
			Parámetros Biológicas	Escherichia coli	UFC/mL	De razón
Bacterias Coliformes Totales	UFC/mL	De razón				

Fuente: Elaboración propia

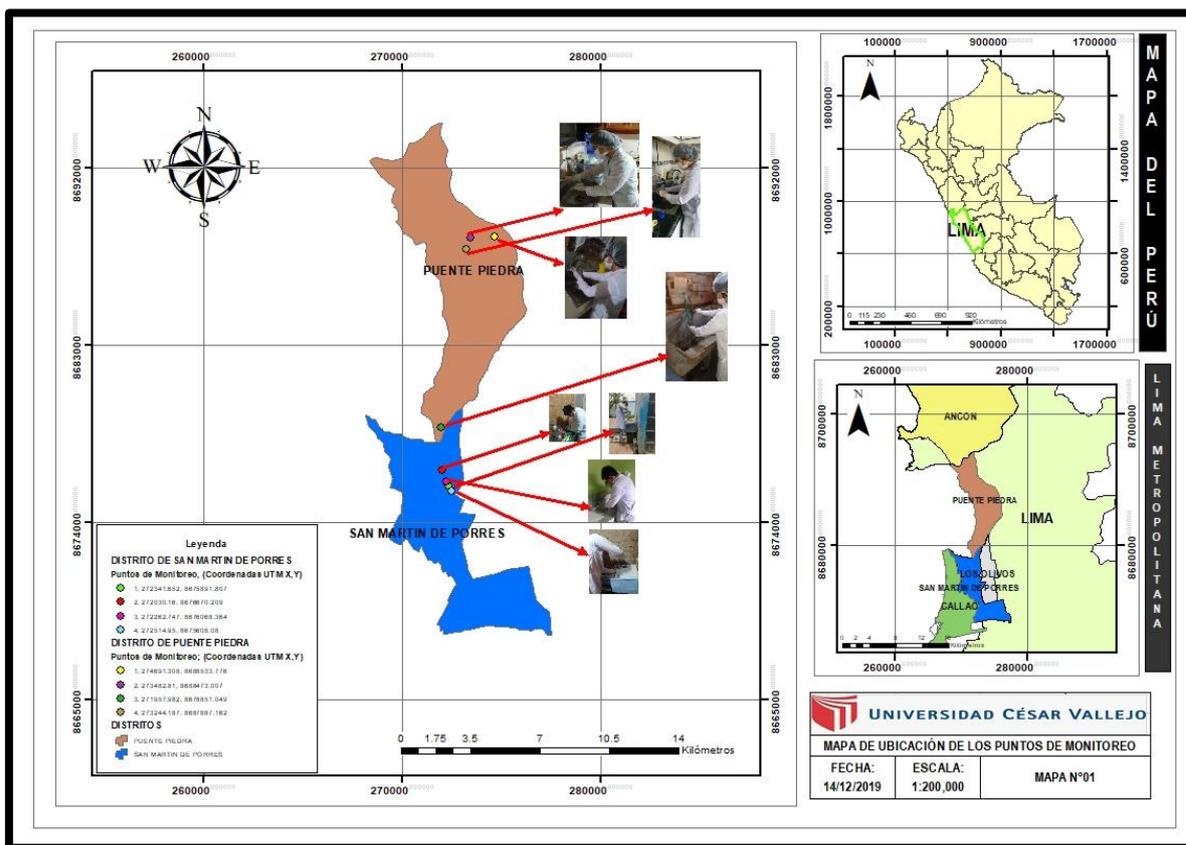
### 2.3 Población, muestra y muestreo (incluir criterios de selección)

La **población** se delimitó mediante características específicas, las cuales se podrán generalizar con los resultados obtenidos en la investigación, se puede denominar a la población como el conjunto de especificaciones que concuerdan en todos los casos estudiados.

El presente trabajo de investigación tiene como población el agua potable domiciliaria en los distritos de Puente Piedra y San Martín de Porres (**Figura 5**).

La **muestra** es un subgrupo de la población que, en trabajos de enfoques cuantitativos, debe tener carácter representativo para garantizar la viabilidad del trabajo.

En el presente trabajo las muestras fueron no probabilísticas, en donde se recolectaron 8 grupos muestrales de agua potable domiciliaria con un total de 3 muestras (250 mL c/u) por grupo.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Mapa de Puente Piedra y San Martín de Porres

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La **técnica** para el tipo de muestreo usado en el presente trabajo de investigación fue observacional para lo cual se utilizaron una serie de instrumentos de recolección de datos.

Los **instrumentos de recolección de datos** fueron detallados de acuerdo a la etapa de experimentación en la que se utilizaron (**Tabla 5**).

**Tabla 5.** Instrumentos de recolección de datos

ETAPAS	TÉCNICAS	INSTRUMENTO	RESULTADOS
Gabinete	Revisión bibliográfica	Software Microsoft Word Mendeley	Redacción del proyecto de investigación
Recolección de muestras de agua	Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos	Tabla de recolección de muestras (ANEXO 2)	Obtención de las muestras de agua potable a analizar
Análisis de agua	Métodos químicos y microbiológicos para determinar los distintos parámetros del agua	Cadena de custodia para análisis de agua (ANEXO 3)	Obtención de los parámetros físicos, químicos, biológicos y bacteriológicos del agua potable
Depuración de microplásticos	Separación del microplástico presente en el agua mediante un microfiltro (0.45 $\mu\text{m}$ ) y con musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> .	Microfiltro de celulosa (0.45 $\mu\text{m}$ ) y <i>Sphagnum magellanicum</i> .	Obtención de partículas de microplásticos en todas las muestras de agua potable de Puente Piedra y San Martín de
Caracterización de las partículas de microplásticos	Observación.	Tabla de caracterización de microplásticos (tamaño y color) y agua filtrada (ANEXO 4)	Las muestras analizadas se caracterizan en grupos dependiendo su color
Análisis de la durabilidad del <i>Sphagnum magellanicum</i> .	Método físico que determina el tiempo de uso del filtro	Tabla de caracterización de microplásticos (tamaño y color) y agua filtrada (ANEXO 4)	Se conocerá cada que tiempo se debe el <i>Sphagnum magellanicum</i> .
Interpretación y análisis	Análisis de resultados	Tabla de resultados (ANEXO 5)	Procesamiento y análisis obtenidos

**Fuente:** Elaboración propia

La **validez** de los instrumentos usados en el presente trabajo de investigación fue otorgada mediante una medición de juicio de expertos, con el fin de garantizar su funcionalidad en cada etapa experimental (**Tabla 6**).

La **confiabilidad** de los instrumentos usados en el presente trabajo de investigación, son basados en fichas experimentales establecidas para muestreos y procesos experimentales.

**Tabla 6.** Validación de expertos

Experto Validador	% de Validez	% promedio de Validez
Jiménez Calderón César Eduardo	93%	
Alfaro Rodríguez Carlos Humberto	85%	92%
Tello Mendivil Verónica	100%	

**Fuente:** Elaboración propia

Los **materiales de investigación** a usar en el presente trabajo son categorizados según la etapa de experimentación en los que se utilizarán (**Tabla 7**).

**Tabla 7.** Materiales de investigación

FASE	MATERIALES
Fase 1	Guantes de latex
	Frasco de vidrio (250 mL)
	Rótulo
	Cooler
	Plumón indeleble
	Filtro de celulosa (0.45 µm)
	Embudo de vidrio
	Vaso precipitado
	Estereoscópio
	Autoclave
	Pinzas
Fase 2	Libreta de campo
	<i>Sphagnum magellanicum</i>
	Guantes de nitrilo
	Placa petri
	Mascarilla
	Vaso precipitado
	Bomba al vacío
	Estufa
	Multiparámetro
	Turbidímetro
	Colador de aluminio
	Luna de reloj
	Estereoscópio
Pinzas	
Aza de siembra	
Microscópio	
Libreta de campo	

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.5 Procedimiento

Para una mayor exactitud en la toma de datos, el presente experimento se separó en 8 grupos muestrales, los cuales se trabajaron en un procedimiento que constó en dos fases.

Cada grupo muestral tuvo un total de doce muestras de aguas de 250 mL, nueve muestras que sirvieron para la determinación de la cantidad de microplásticos (fase 1) y tres para la depuración por medio del musgo *Sphagnum magellanicum* (fase 2), las cuales fueron tomadas siguiendo los estándares de muestreo de recursos hídricos superficiales establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016).

Las muestras de agua potable fueron tomadas en envases esterilizados, los cuales fueron enjuagados previo a la toma de muestra, con el agua de la cañería de donde se recolectará la muestra.

Los envases se llenaron hasta el tope y cerrados en el momento que se rebalsó el agua.

Una vez lleno el envase, se pasó a rotular con los siguientes datos: código del punto de muestreo, dirección del domicilio, fecha y hora de muestreo.

La muestra fue tomada con guantes de látex esterilizados y se tomó un registro fotográfico para evidenciarlo.

La **primera fase** del procedimiento se llevó a cabo con 9 muestras de cada grupo muestral de Puente Piedra y San Martín de Porres, los cuales pasaron por un riguroso procedimiento (**Figura 6**).

El *primer paso* fue escoger tres caños de los hogares, de los cuales se tomó cuatro muestras de agua (250 mL) en frascos de vidrio, previamente esterilizados en la autoclave del laboratorio de microbiología de la Universidad César Vallejo (UCV), siguiendo el método de recolección de agua potable basado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

El *segundo paso* del presente proceso fue separar una muestra de las cuatro recogidas por caño y con las otras tres determinar la cantidad de microplásticos presentes en el agua potable recolectada mediante un filtrado por goteo a través de filtros de celulosa de 0.45  $\mu\text{m}$ , esto con el fin de captar todas las partículas de microplásticos.

El *tercer paso* fue observar y contabilizar mediante el estereoscopio del laboratorio de la UCV la cantidad de microplásticos presentes en cada una de las muestras para finalmente obtener la mediana de cada punto muestreado y usar ese dato como base para la cuarta muestra que se trabajó con el *Sphagnum magellanicum*.

La **segunda fase** del procedimiento se llevó a cabo con las tres muestras restantes de cada grupo muestral tomado de Puente Piedra y San Martín de Porres, teniendo un total de 24 muestras (**Figura 6**).

El *primer paso* fue esterilizar todos los materiales de laboratorio necesarios para el presente trabajo de investigación para evitar alteraciones en las muestras.

El *segundo paso* fue escoger 4 muestras al azar para realizar el análisis microbiológico, previo al contacto con el musgo y bajo la supervisión de un experto en la materia, el cual fue realizado en el laboratorio de microbiología de la UCV con la finalidad de identificar la presencia de colonias de E. Coli y Bacterias Coliformes Totales presentes en las muestras de agua, para esto se vació las muestras de agua en 4 vasos precipitados y se pasó a sembrar en el Agar.

En el *tercer paso* fue realizar los análisis de calidad organoléptica (pH, CE, turbidez) previo al uso del musgo *Sphagnum magellanicum* utilizando el multiparámetro y turbidímetro del laboratorio de química de la UCV y al mismo tiempo separar una pequeña cantidad de agua potable de 8 muestras para realizar el análisis químico (aluminio y arsénico) el cual se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

El *cuarto paso* fue pesar 0.5 mg de *Sphagnum magellanicum* para colocarlo en los vasos precipitados de 250 mL y posteriormente llenarlos con las muestras de agua potable recolectadas, para este punto se separaron 4 grupos (1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas) de 6 muestras cada uno con el fin de evaluar la relación de la eficiencia del musgo al eliminar microplásticos con las horas transcurridas.

El *quinto paso* fue la remoción del musgo de las muestras de agua, para esto se empleó un colador de aluminio.

En el *sexto paso* se tomó las 4 muestras previamente escogidas para el análisis microbiológico y se pasó a realizar un segundo sembrado, con la supervisión de un experto,

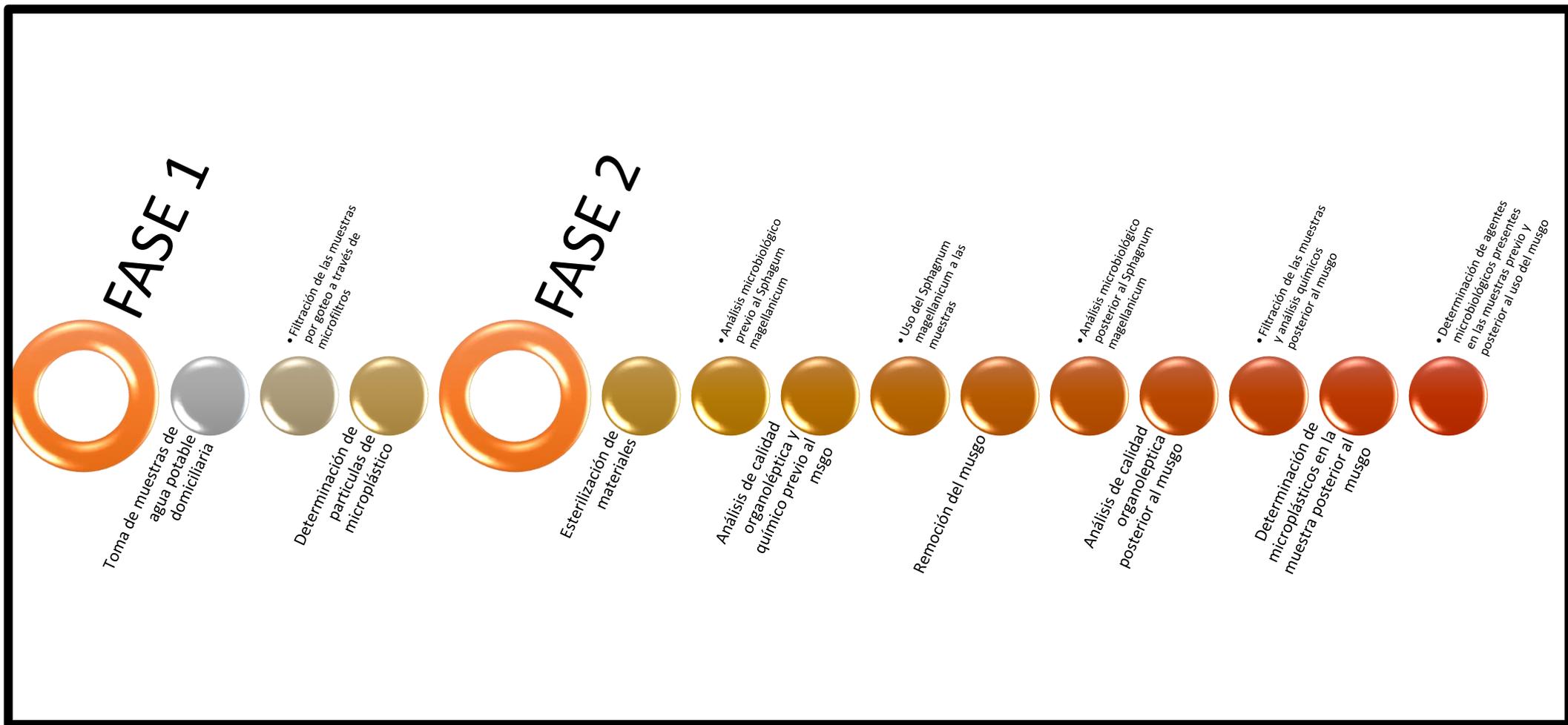
para determinar si la aplicación del musgo incrementa los parámetros microbiológicos presentes en el agua potable.

En el *séptimo paso* se pasó a realizar un segundo análisis de calidad organoléptico para determinar si existe variación con respecto a los parámetros analizados previo al uso del *Sphagnum magellanicum*.

En el *octavo paso* se filtró las muestras de agua después del uso del *Sphagnum magellanicum* mediante una bomba al vacío, del laboratorio de química de la UCV, en la cual se colocó filtros de celulosa de 0.45  $\mu\text{m}$ . Luego de este procedimiento se pasó a mandar las 8 muestras previamente seleccionadas en el *tercer paso*, posterior a la eliminación del microplástico, a la UNI donde se realizaron los respectivos análisis químicos y se determinó la variación en la misma.

En el *noveno paso* se determinó la presencia de microplásticos en los microfiltros de celulosa después de emplear el musgo *Sphagnum magellanicum* en el agua potable domiciliaria, para esto se observaron los filtros por medio de uno de los estereoscopios de la UCV y se contabilizó las micro partículas de plástico.

Finalmente, el *décimo paso* fue la determinación de los parámetros microbiológicos después de una semana del sembrado, para esto se tuvo la ayuda de un experto con quien se pudo identificar la cantidad de colonias y microorganismos presentes en las muestras de agua potable antes y después de usar el musgo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Fases del procedimiento

## **2.6 Métodos de análisis de datos**

Los datos obtenidos fueron procesados descriptiva y analíticamente en EXCEL.

Para el análisis de agua se observaron los datos obtenidos en los laboratorios de química y microbiología, en donde se analizaron los parámetros de calidades organolépticas y microbiológicas del agua potable.

Por otro lado, los microplásticos se analizaron por medio de un estereoscopio de rango de magnificaciones de 8x a 40x (presenta oculares de 10x) en un incremento (zoom) de 5:1, con el cual se pudo observar y contabilizar la cantidad de estas micro partículas.

Los datos estadísticos fueron analizados mediante tablas comparativas realizadas en el software Microsoft Excel, el cual nos permitió observar los resultados de una manera más práctica y dinámica.

## **2.7 Aspectos éticos**

El presente trabajo se ciñó los principios éticos científicos que influyeron en su desarrollo durante el tiempo que duró su elaboración, por lo tanto, no presentó violaciones a las leyes, normas, estándares u otros documentos que estén relacionados a la investigación, tales como: veracidad de los resultados, autenticidad de la investigación, leyes, normas o estándares, violación a la propiedad privada e intelectual, religión y convicciones políticas y medio ambiente y biodiversidad.

### III. RESULTADOS

#### Microplásticos

Después de realizar el análisis de agua potable domiciliaria del distrito de Puente Piedra se pudo observar que la mediana de microplásticos oscila entre 17 y 26 partículas por subpunto muestreado (**Tabla 8**).

**Tabla 8.** Microplásticos en agua potable – Puente Piedra

Puente Piedra												
Punto	Punto 1.1	Punto 1.2	Punto 1.3	Punto 2.1	Punto 2.2	Punto 2.3	Punto 3.1	Punto 3.2	Punto 3.3	Punto 4.1	Punto 4.2	Punto 4.3
Microplásticos	16	18	25	18	17	25	22	25	24	23	24	26
Microplásticos	18	17	23	17	20	23	17	21	23	22	25	26
Microplásticos	17	16	18	18	19	20	20	24	21	26	25	24
Mediana	17	17	23	18	19	23	20	24	23	23	25	26

Punto 1: Av. San Lorenzo Mz. C Lt. 27 - Puente Piedra

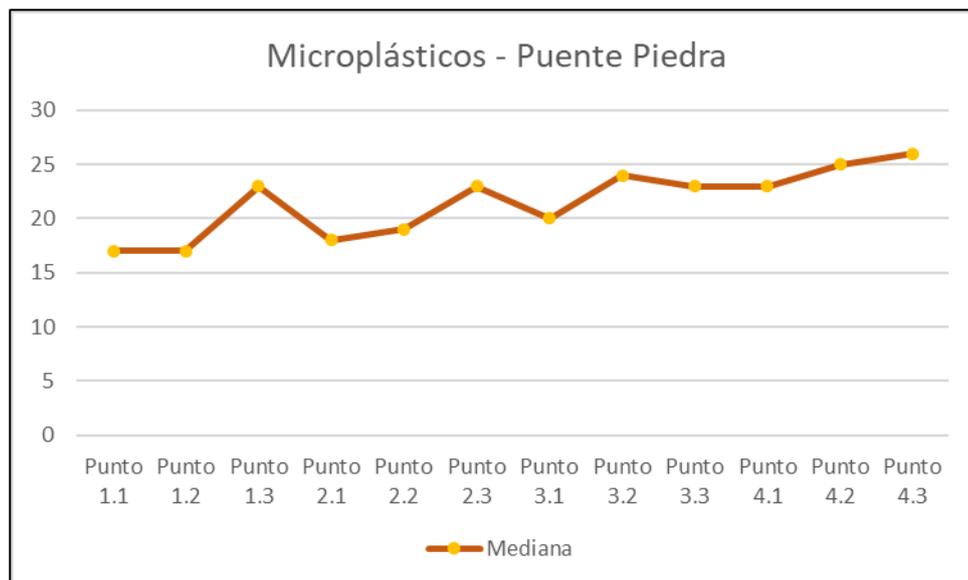
Punto 2: Mz.C. Lot.14 Santa Fe de Copacabana II Etapa - Puente Piedra

Punto 3: Mz. A.Lt. 12A Los Robles, Chillón - Puente Piedra

Punto 4: Av. Buenos Aires 786 - Puente Piedra

**Fuente:** Elaboración propia

La menor cantidad de microplásticos encontrados en el distrito de Puente Piedra fueron hallados en el punto 1, mientras que la máxima cantidad estuvo presente en el punto 4 (**Figura 7**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 7.** Microplásticos en Puente Piedra

La mediana de microplásticos obtenida por muestra en el distrito de San Martín de Porres tuvo como mínimo 16 y máximo 25 micropartículas de plástico (**Tabla 8**).

**Tabla 9:** Microplásticos en agua potable - San Martín de Porres

San Martín de Porres												
Punto	Punto 1.1	Punto 1.2	Punto 1.3	Punto 2.1	Punto 2.2	Punto 2.3	Punto 3.1	Punto 3.2	Punto 3.3	Punto 4.1	Punto 4.2	Punto 4.3
Microplásticos	18	16	14	20	25	25	21	25	24	25	25	26
Microplásticos	15	18	16	21	21	22	24	23	20	17	22	24
Microplásticos	17	14	16	17	18	23	22	21	24	23	25	21
Mediana	17	16	16	20	21	23	22	23	24	23	25	24

Punto 1: Calle Jirca 114 Huertos de Naranjal - San Martín de Porres

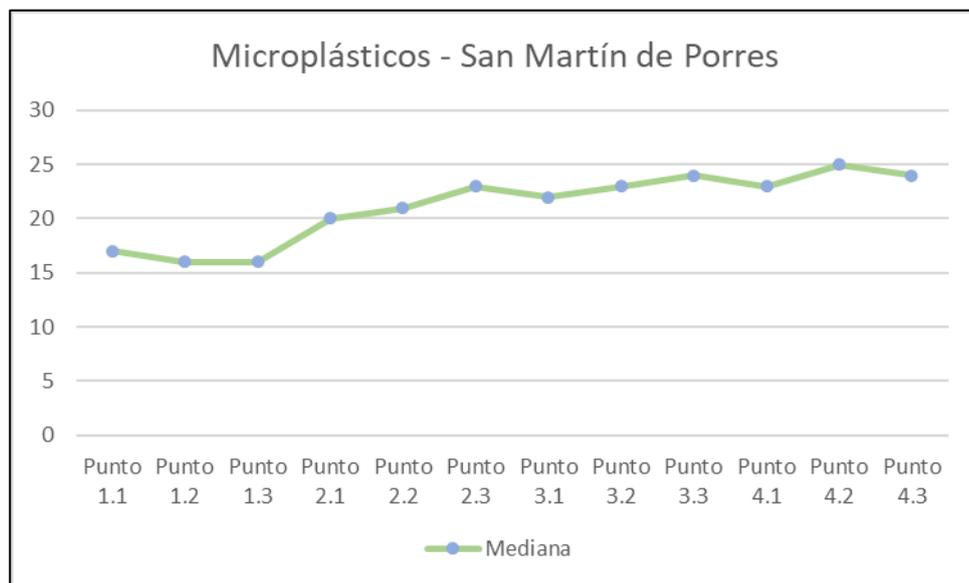
Punto 2: Av. Tantomayo Mz. A Lt. 4 - San Martín de Porres

Punto 3: Urb. Viñas 3 Mz. H Lt. 8 Naranjal - San Martín de Porres

Punto 4: Urb. Mavil Mz C Lt 1 Naranjal - San Martín de Porres

**Fuente:** Elaboración propia

En el distrito de San Martín de Porres se pudo observar que el pico máximo de microplásticos por muestra fue en el punto 4.2, mientras que la menor cantidad se encontró en el punto 1.3 (**Figura 8**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 8.** Microplásticos en San Martín de Porres

## Reducción de microplásticos

Después del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* en las muestras del distrito de Puente Piedra quedó al menos una partícula de microplástico por punto analizado (**Tabla 10**).

**Tabla 10:** Reducción de microplásticos - Puente Piedra

Puente Piedra												
Punto	Punto 1.1	Punto 1.2	Punto 1.3	Punto 2.1	Punto 2.2	Punto 2.3	Punto 3.1	Punto 3.2	Punto 3.3	Punto 4.1	Punto 4.2	Punto 4.3
Inicial	17	17	23	18	19	23	20	24	23	23	25	26
Final	0	0	2	1	1	0	1	0	1	1	0	1

Punto 1: Av. San Lorenzo Mz. C Lt. 27 - Puente Piedra

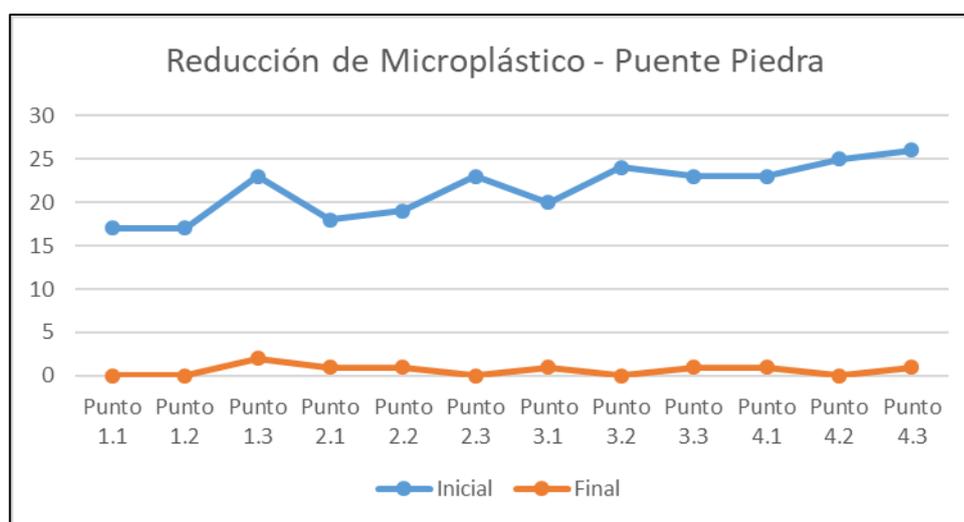
Punto 2: Mz.C. Lot.14 Santa Fe de Copacabana II Etapa - Puente Piedra

Punto 3: Mz. A Lt. 12A Los Robles, Chillón - Puente Piedra

Punto 4: Av. Buenos Aires 786 - Puente Piedra

**Fuente:** Elaboración propia

La mayor cantidad de microplásticos reducidos en el agua potable domiciliar del distrito de Puente Piedra se dio en el punto 4 donde el tiempo de estadía del musgo fue de 4 horas, mientras la menor reducción fue en el punto 1 el cual solo tuvo la presencia del musgo por 1 hora (**Figura 9**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 9.** Reducción de microplástico en Puente Piedra

En San Martín de Porres quedaron un máximo de dos micropartículas de plástico en 250 mL de agua luego de usar el musgo *Sphagnum magellanicum* (Tabla 11).

**Tabla 11.** Reducción de microplástico - San Martín de Porres

San Martín de Porres												
Punto	Punto 1.1	Punto 1.2	Punto 1.3	Punto 2.1	Punto 2.2	Punto 2.3	Punto 3.1	Punto 3.2	Punto 3.3	Punto 4.1	Punto 4.2	Punto 4.3
Inicial	17	16	16	20	21	23	22	23	24	23	25	24
Final	2	1	2	1	1	2	2	0	2	0	1	1

Punto 1: Calle Jirca 114 Huertos de Naranjal - San Martín de Porres

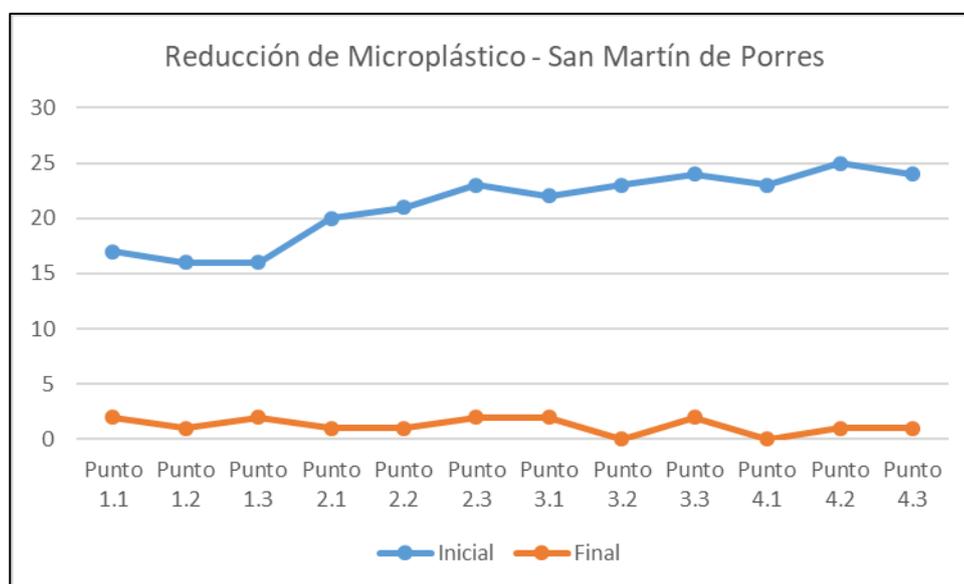
Punto 2: Av. Tantamayo Mz. A Lt. 4 - San Martín de Porres

Punto 3: Urb. Viñas 3 Mz. H Lt. 8 Naranjal - San Martín de Porres

Punto 4: Urb. Mavil Mz C Lt 1 Naranjal - San Martín de Porres

**Fuente:** Elaboración propia

La reducción mínima de microplásticos en San Martín de Porres estuvo en el punto 1 el cual tuvo un tiempo de tratamiento de 1 hora, mientras que la mayor cantidad de reducción fue en el punto 4 el cual fue tratado durante 4 horas (Figura 10).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 10.** Reducción de microplásticos en San Martín de Porres

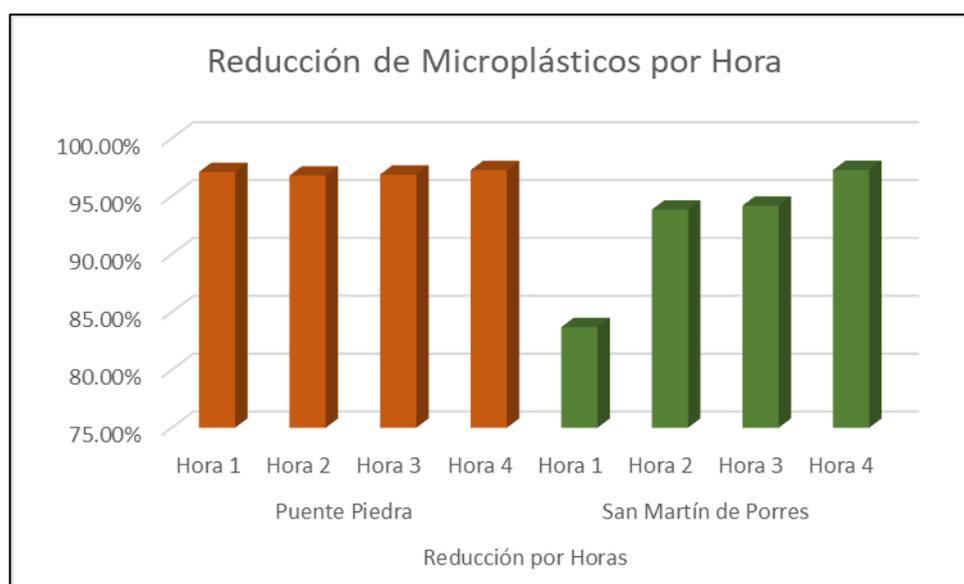
El musgo *Sphagnum magellanicum* presentó hasta un 97.28% de reducción de microplásticos en un periodo de 4 horas y un mínimo de 83.7% en 1 hora (**Tabla 12**).

**Tabla 12.** Reducción de microplásticos por hora

Reducción por Horas							
Puente Piedra				San Martín de Porres			
Hora 1	Hora 2	Hora 3	Hora 4	Hora 1	Hora 2	Hora 3	Hora 4
97.10%	96.80%	96.88%	97.27%	83.70%	93.85%	94.19%	97.28%

**Fuente:** Elaboración propia

El porcentaje de reducción de microplásticos fue menor en el distrito de San Martín de Porres en todos los puntos de muestreo (**Figura 11**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 11.** Porcentaje de eliminación de microplásticos

La mayor cantidad de microplásticos reducidos se dio luego de un periodo de 4 horas logrando una reducción de 97.27%, mientras que la menor fue en 1 hora obteniendo un 90.4% de partículas eliminadas (**Tabla 13**).

**Tabla 13.** Reducción de microplásticos por hora

Reducción por Horas			
Hora 1	Hora 2	Hora 3	Hora 4
90.40%	95.32%	95.54%	97.27%

**Fuente:** Elaboración propia

## Parámetros de calidad organoléptica

El uso del musgo *Sphagnum magellanicum* para la eliminación de microplásticos en las muestras de agua del distrito de Puente Piedra redujo los niveles de pH y conductividad eléctrica, mientras que por otro lado incrementó la turbidez de las muestras (**Tabla 14**).

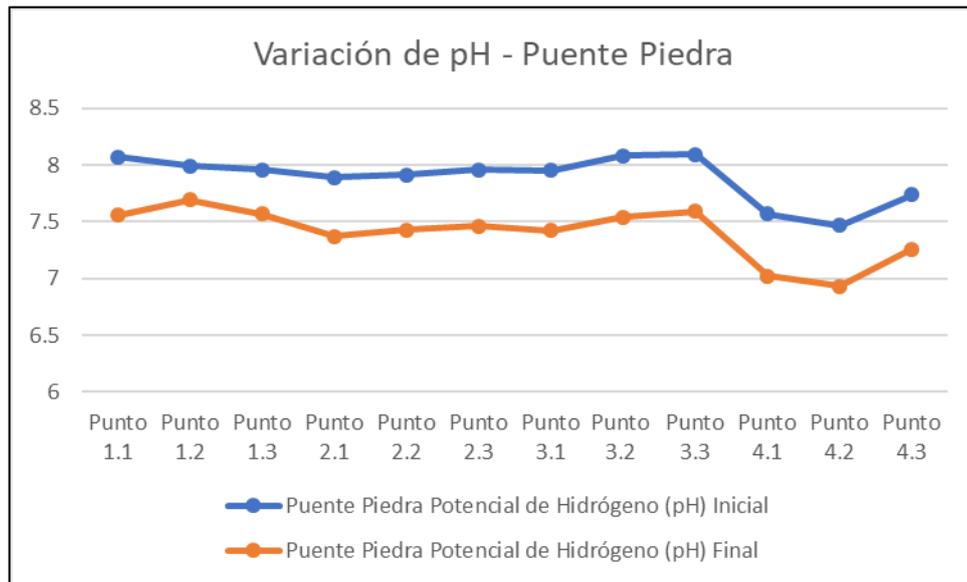
**Tabla 14.** Resultados de los análisis de calidad organoléptica – Puente Piedra

Puente Piedra						
	Potencial de Hidrógeno (pH)		Conductividad Eléctrica (S/m)		Turbidez (NTU)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Punto 1.1	8.07	7.56	930	819.67	0.15	4.28
Punto 1.2	7.99	7.69	940.67	809.67	0.15	4.36
Punto 1.3	7.96	7.57	927.3	827	0.15	4.4
Punto 2.1	7.89	7.37	954.3	821	0.35	4.35
Punto 2.2	7.91	7.43	958.67	890	0.15	4.17
Punto 2.3	7.96	7.46	923.67	885.3	0.35	4.3
Punto 3.1	7.95	7.42	890.3	825.67	0.65	4.5
Punto 3.2	8.08	7.54	873	804.3	0.3	4.4
Punto 3.3	8.09	7.59	875.67	842.3	0.15	4.35
Punto 4.1	7.57	7.02	1395.3	1321	0.6	4.68
Punto 4.2	7.47	6.93	1431	1027.3	0.1	4
Punto 4.3	7.74	7.26	1220	1126.67	0.85	5

Punto 1: Av. San Lorenzo Mz. C Lt. 27 - Puente Piedra  
 Punto 2: Mz.C. Lot.14 Santa Fe de Copacabana II Etapa - Puente Piedra  
 Punto 3: Mz. A Lt. 12A Los Robles, Chillón - Puente Piedra  
 Punto 4: Av. Buenos Aires 786 - Puente Piedra

**Fuente:** Elaboración propia

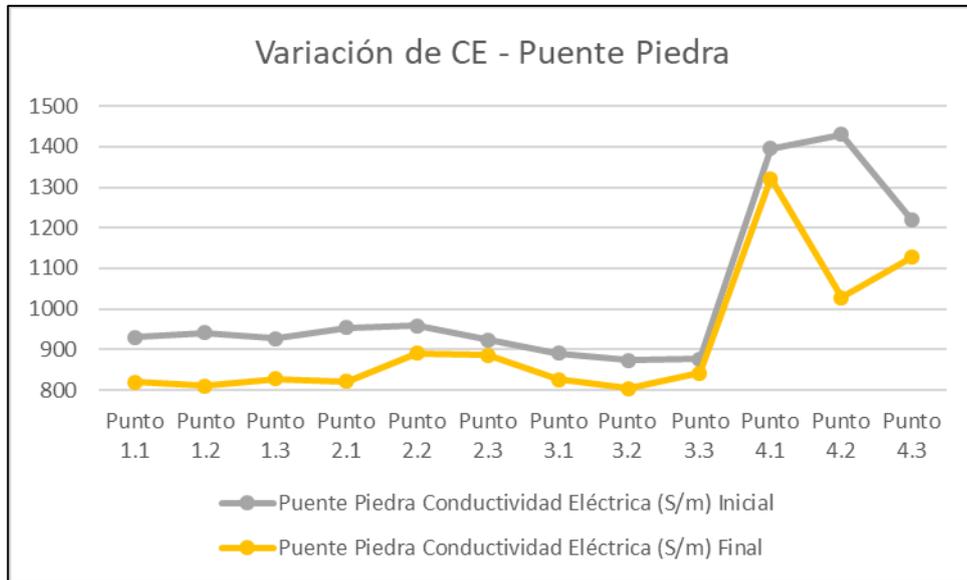
La variación del pH en Puente Piedra llegó a ser de hasta -0.56 en el punto 4.1 (**Figura 12**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 12.** Variación de pH en Puente Piedra

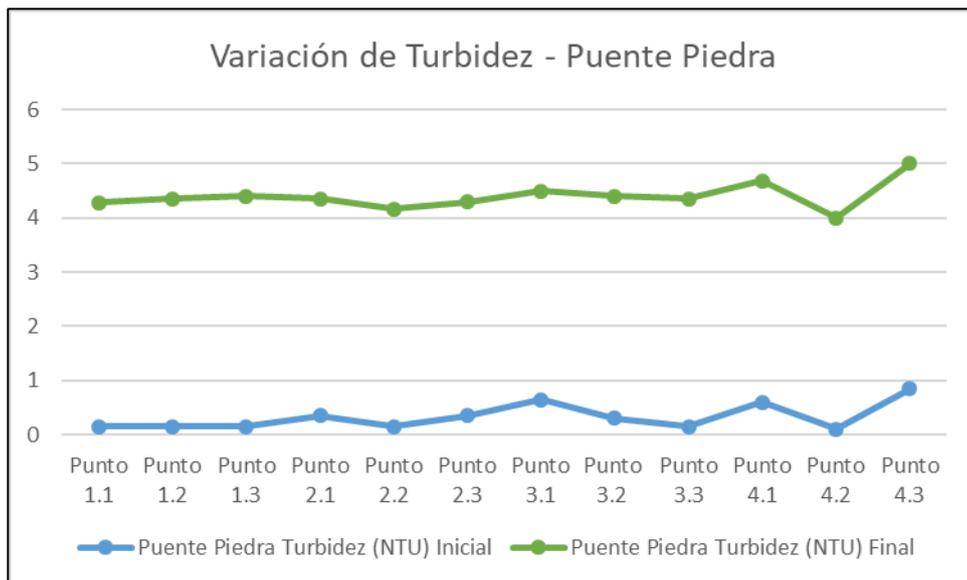
La conductividad eléctrica en Puente Piedra tuvo una disminución máxima de 403.7 S/m (Figura 13).



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Variación de CE en Puente Piedra

La turbidez del agua luego de usar el musgo *Sphagnum magellanicum* incrementó hasta en 4.25 NTU en el distrito de Puente Piedra (Figura 14).



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Variación de turbidez en Puente Piedra

Luego de la eliminación de microplástico en el agua potable del distrito de San Martín de Porres se observó disminución en los niveles de pH y CE, mientras que la turbidez se vio incrementada (**Tabla 15**).

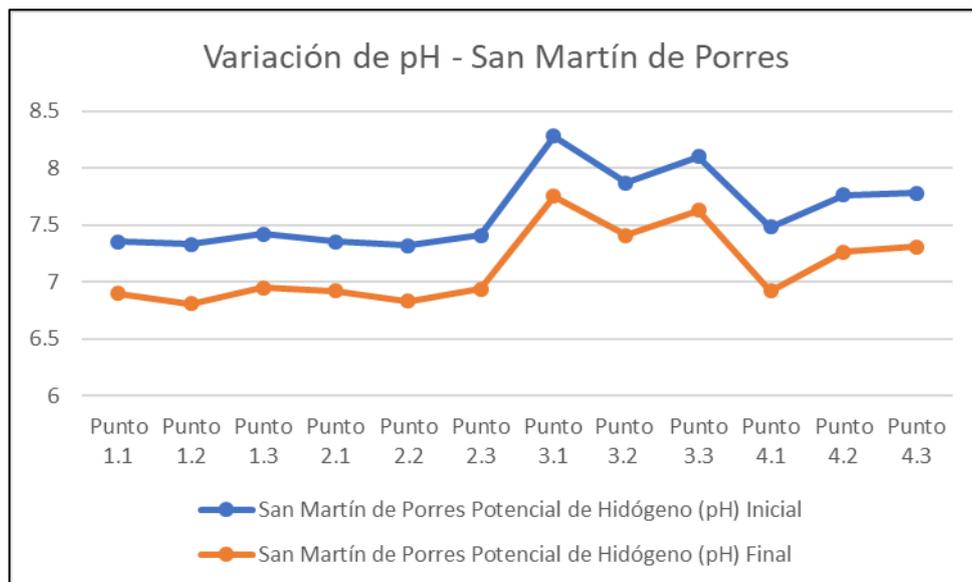
**Tabla 15:** Resultados de los análisis de calidad organoléptica – San Martín de Porres

San Martín de Porres						
	Potencial de Hidrógeno (pH)		Conductividad Eléctrica (S/m)		Turbidez (NTU)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Punto 1.1	7.35	6.9	535	507	0.15	4.15
Punto 1.2	7.33	6.81	539	523.25	0.13	4.1
Punto 1.3	7.42	6.95	536.3	520.33	0.15	4.38
Punto 2.1	7.35	6.92	518	451.67	0.83	4.85
Punto 2.2	7.32	6.83	541	512.67	0.76	4.79
Punto 2.3	7.41	6.94	536.5	502.33	0.9	4.98
Punto 3.1	8.28	7.75	544.3	523.67	0.5	4.51
Punto 3.2	7.87	7.41	553.3	502.33	0.81	4.74
Punto 3.3	8.1	7.63	554.7	479.33	0.3	4.33
Punto 4.1	7.48	6.92	524	482	0.76	4.74
Punto 4.2	7.76	7.26	536	495.33	0.65	4.63
Punto 4.3	7.78	7.31	539	475	0.15	4.12

Punto 1: Calle Jircan 114 Huertos de Naranjal - San Martín de Porres  
 Punto 2: Av. Tantamayo Mz. A Lt. 4 - San Martín de Porres  
 Punto 3: Urb. Viñas 3 Mz. H Lt. 8 Naranjal - San Martín de Porres  
 Punto 4: Urb. Mavil Mz C Lt 1 Naranjal - San Martín de Porres

**Fuente:** Elaboración propia

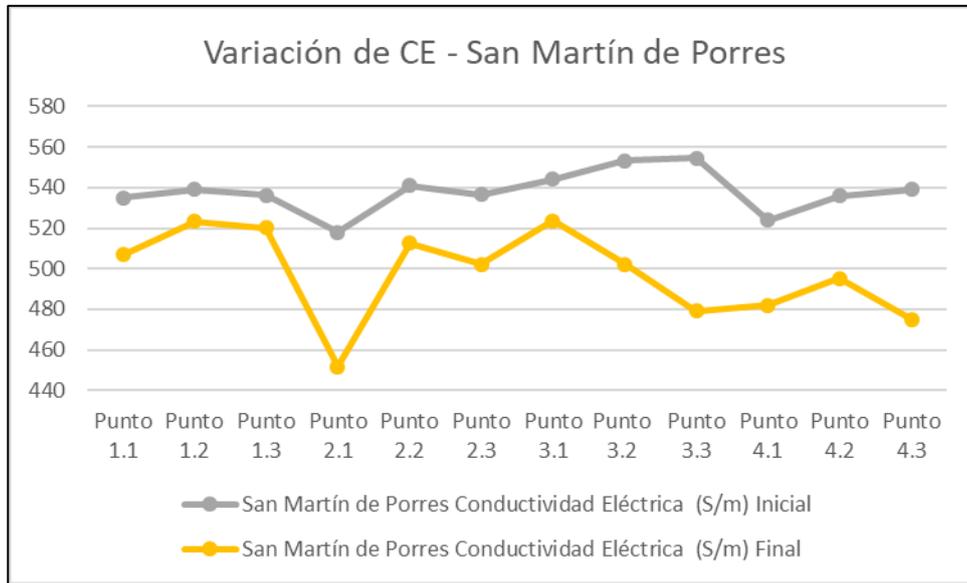
El pH final de las muestras de agua tomadas en el distrito de San Martín de Porres mostró una reducción de hasta 0.57 (**Figura 15**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 15.** Variación de pH en San Martín de Porres

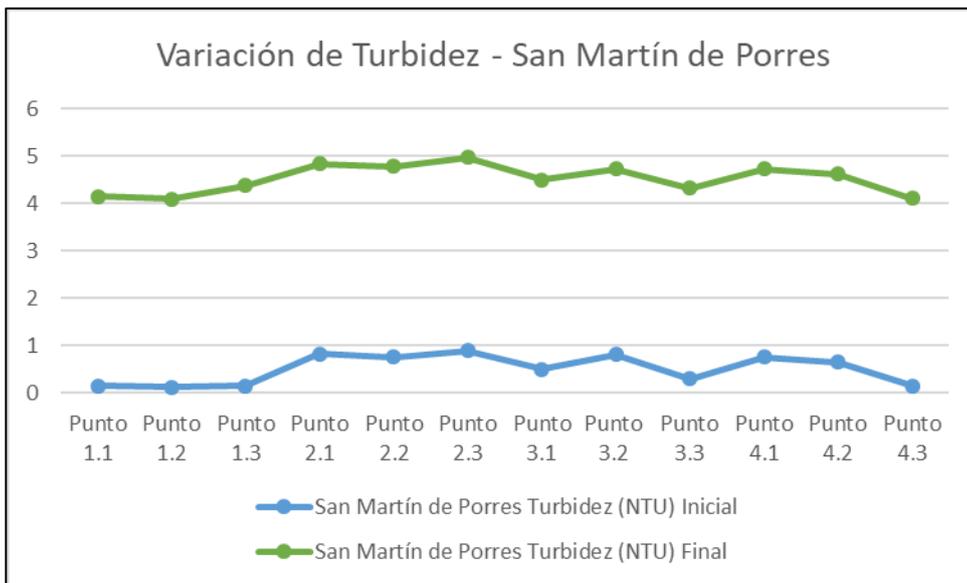
La CE disminuyó hasta 75.31 S/m en el distrito de San Martín de Porres al final de la eliminación de microplásticos (**Figura 16**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 16.** Variación de CE en San Martín de Porres

El incremento de la turbidez en las muestras de San Martín de Porres llegó hasta 4.23 NTU luego de usar el musgo *Sphagnum magellanicum* (**Figura 17**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 17.** Variación de turbidez en San Martín de Porres

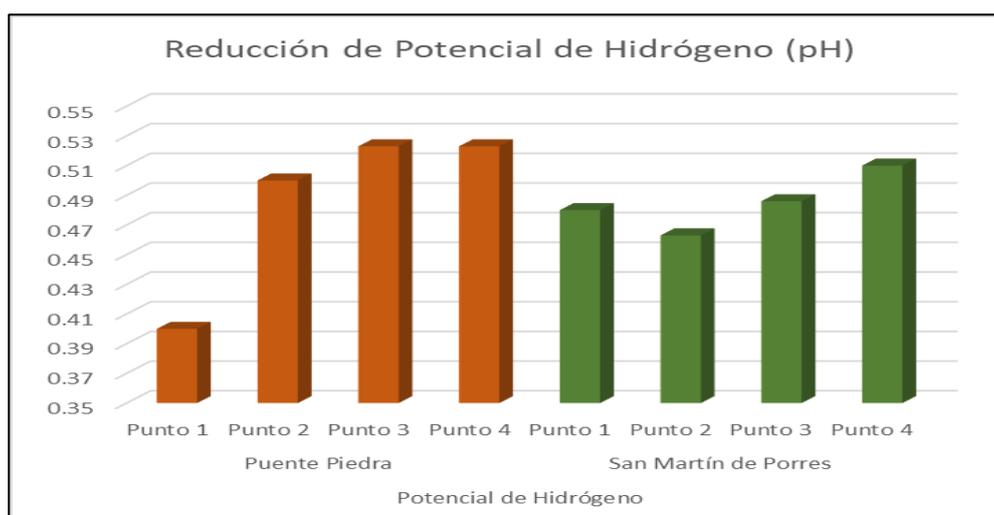
Después de tratar el agua contaminada con microplásticos, esta mostró una reducción de pH que oscila entre 0.4 y 0.523 (Tabla 16).

**Tabla 16.** Variación de pH en Puente Piedra y San Martín de Porres

	Potencial de Hidrógeno (pH)							
	Puente Piedra				San Martín de Porres			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Inicial	8.007	7.92	8.040	7.593	7.367	7.360	8.083	7.673
Final	7.607	7.42	7.517	7.070	6.887	6.897	7.597	7.163
Reducción	0.400	0.500	0.523	0.523	0.480	0.463	0.486	0.510

**Fuente:** Elaboración propia

La reducción de pH después del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* fue mayor en el distrito de Puente Piedra llegando hasta 0.523, mientras que en San Martín de Porres tuvo un máximo de 0.510 (Figura 18).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 18.** Reducción de pH

El pH del agua tratada mostró una reducción progresiva directamente proporcional al tiempo, llegando a su reducción máxima después de 4 horas (Tabla 17).

**Tabla 17.** Reducción de pH por horas

Disminución del pH por horas			
Hora 1	Hora 2	Hora 3	Hora 4
0.440	0.482	0.504	0.517

**Fuente:** Elaboración propia

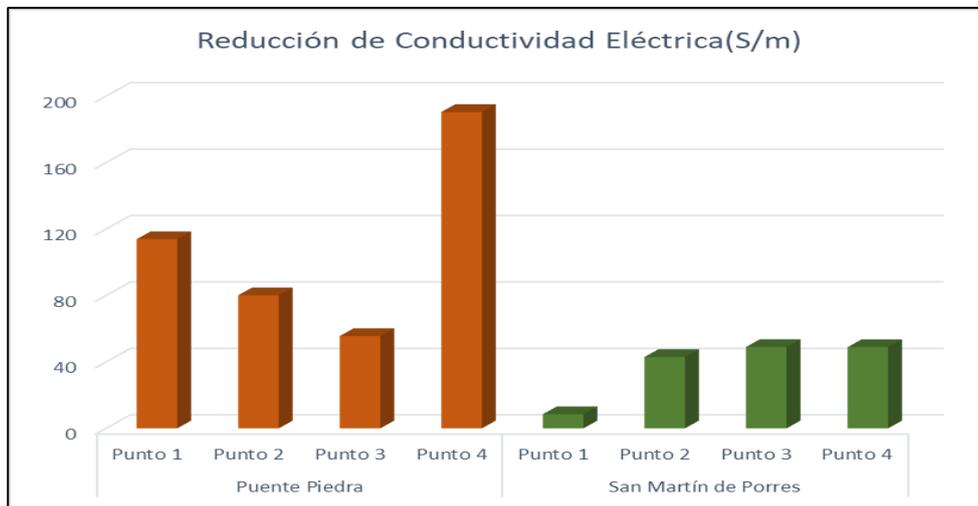
La conductividad eléctrica del agua potable mostró una reducción entre 8.517 y 190.444 S/m luego de la eliminación de los microplásticos (**Tabla 18**).

**Tabla 18.** Variación de CE en Puente Piedra y San Martín de Porres

Conductividad Eléctrica (S/m)								
	Puente Piedra				San Martín de Porres			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Inicial	932.657	945.547	879.657	1348.767	531.517	531.833	550.767	533.000
Final	818.780	865.433	824.090	1158.323	523.000	488.89	501.777	484.110
Reducción	113.877	80.114	55.567	190.444	8.517	42.943	48.990	48.890

**Fuente:** Elaboración propia

El distrito de Puente Piedra mostró una reducción máxima de 190.444 S/m luego de la aplicación de *Sphagnum magellanicum*, mientras que en San Martín de Porres llegó a disminuir hasta 48.990 S/m (**Figura 19**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 19.** Reducción de CE

Al contrario del pH, la reducción de la CE no fue directamente proporcional a las horas de tratamiento, pero si alcanzó su nivel mas alto de reducción al término de la cuarta hora (**Tabla 19**).

**Tabla 19.** Reducción de CE

Disminución de CE por Horas			
Hora 1	Hora 2	Hora 3	Hora 4
61.197	61.529	52.279	119.667

**Fuente:** Elaboración propia

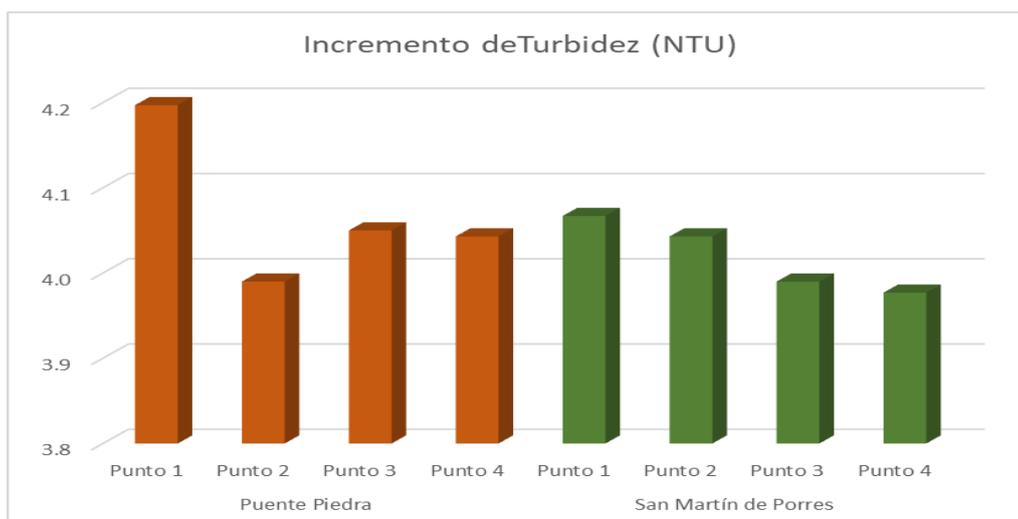
La turbidez de las muestras de agua potable tomadas de los distritos de Puente Piedra y San Martín de Porres se incrementó luego del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* (Tabla 20).

**Tabla 20.** Variación de turbidez en Puente Piedra y San Martín de Porres

	Turbidez (NTU)							
	Puente Piedra				San Martín de Porres			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Inicial	0.150	0.283	0.367	0.517	0.143	0.830	0.537	0.520
Final	4.347	4.273	4.417	4.560	4.210	4.873	4.527	4.497
Incremento	4.197	3.990	4.050	4.043	4.067	4.043	3.990	3.977

**Fuente:** Elaboración propia

La turbidez tuvo un aumento máximo de 4.197 NTU, el cual se presencié en el distrito de Puente Piedra (Figura 20).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 20.** Variación de turbidez

El incremento de turbidez en el agua potable estuvo alrededor de 4.1 NTU y no tuvo una relación con el tiempo del tratamiento (Tabla 21).

**Tabla 21.** Incremento de turbidez

Incremento de Turbidez por Horas			
Hora 1	Hora 2	Hora 3	Hora 4
4.132	4.017	4.020	4.010

**Fuente:** Elaboración propia

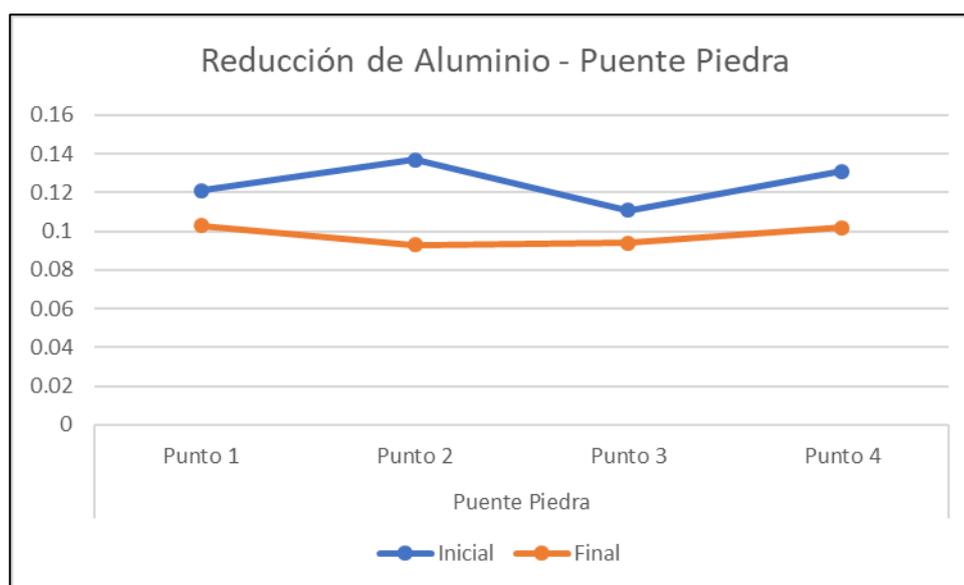
El musgo *Sphagnum magellanicum* logró reducir hasta en 32.12% la presencia de aluminio en las muestras de agua potable de los distritos de Puente Piedra y San Martín de Porres (Tabla 22).

**Tabla 22:** Variación de aluminio en San Martín de Porres y Puente Piedra

		Aluminio							
		Puente Piedra				San Martín de Porres			
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Inicial		0.121	0.137	0.111	0.131	0.106	0.132	0.094	0.053
Final		0.103	0.093	0.094	0.102	0.074	0.112	0.091	0.049
Reducción		14.88%	32.12%	15.32%	22.14%	30.19%	15.15%	3.19%	7.55%

**Fuente:** Elaboración propia

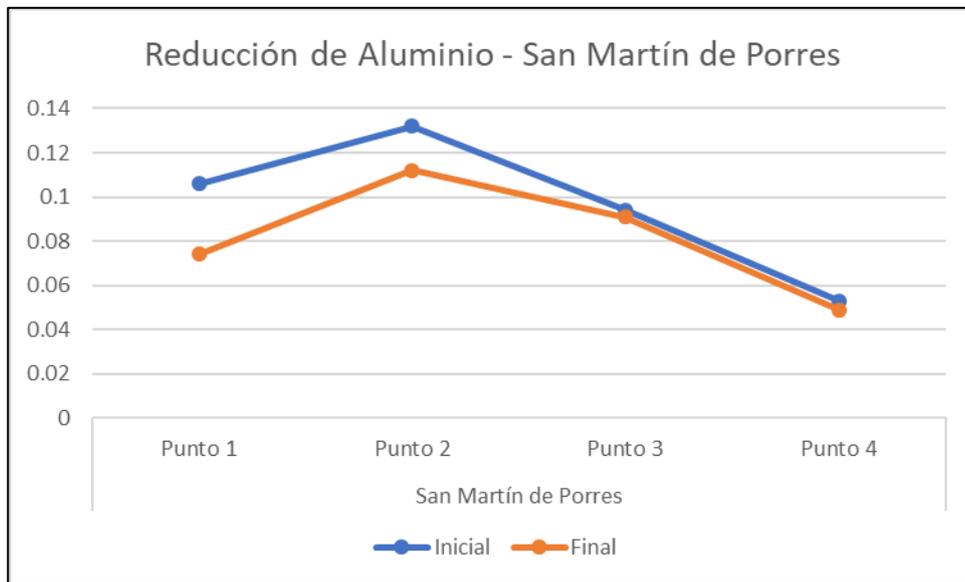
En el distrito de Puente Piedra se pudo observar una mayor reducción de aluminio en el segundo punto de muestreo (Figura 21).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 21.** Variación de aluminio en Puente Piedra

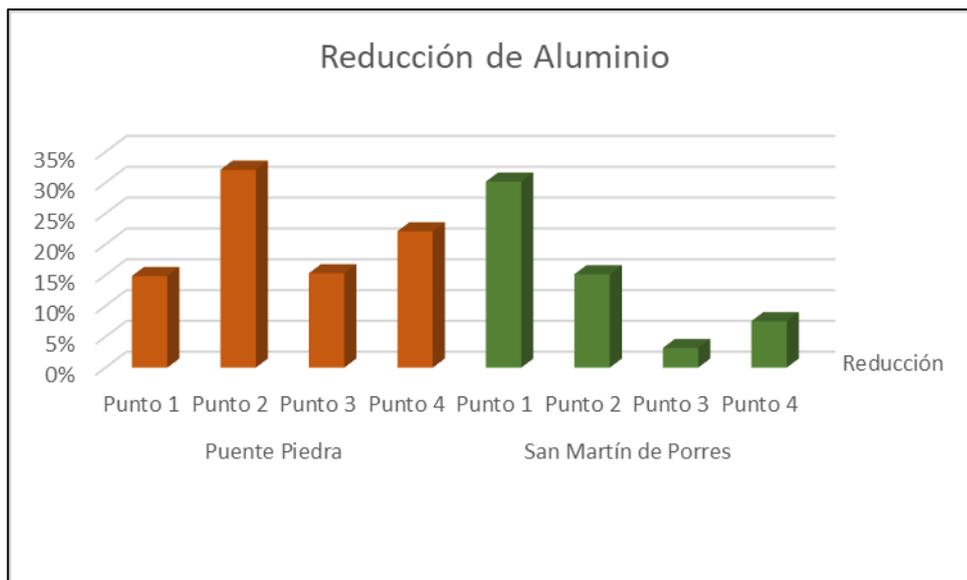
La reducción de aluminio en las muestras del distrito de San Martín de Porres tuvo su mayor alcance en el primer punto de muestreo (**Figura 22**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 22.** Variación de aluminio en San Martín de Porres

La mayor reducción de aluminio por parte del musgo *Sphagnum magellanicum* se pudo observar en el distrito de Puente Piedra con un máximo de 32.12%, mientras que el menor porcentaje se encontró en el distrito de San Martín de Porres con un 3.19% (**Figura 23**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 23.** Porcentaje de reducción de aluminio

## Parámetro químico

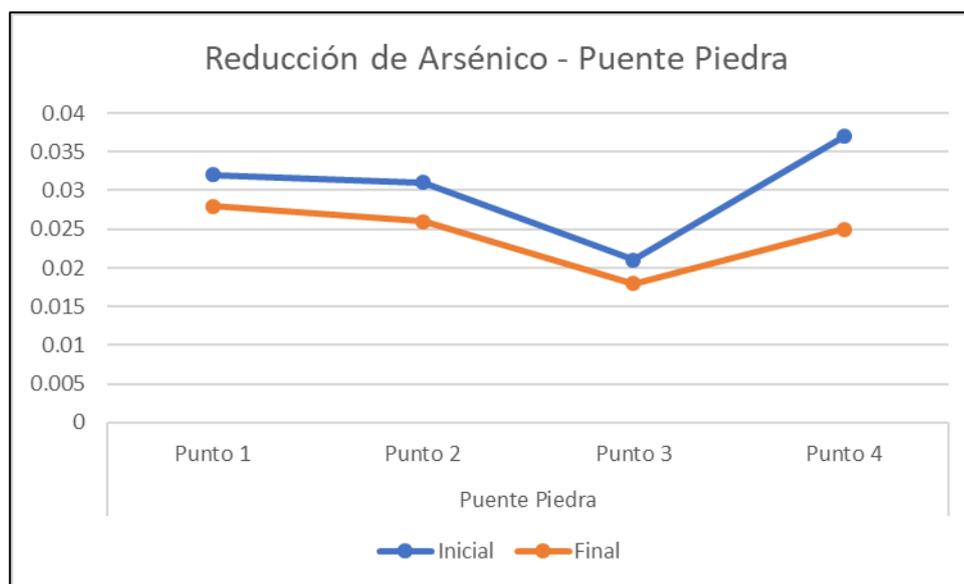
La reducción de arsénico en las muestras de agua de los distritos de Puente Piedra y San Martín de Porres oscilo entre 8.33% y 32.43% (**Tabla 23**).

**Tabla 23:** Variación de arsénico en San Martín de Porres y Puente Piedra

Arsénico								
	Puente Piedra				San Martín de Porres			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Inicial	0.032	0.031	0.021	0.037	0.024	0.019	0.036	0.024
Final	0.028	0.026	0.018	0.025	0.018	0.017	0.031	0.022
Reducción	12.50%	16.13%	14.29%	32.43%	25.00%	10.53%	13.89%	8.33%

**Fuente:** Elaboración propia

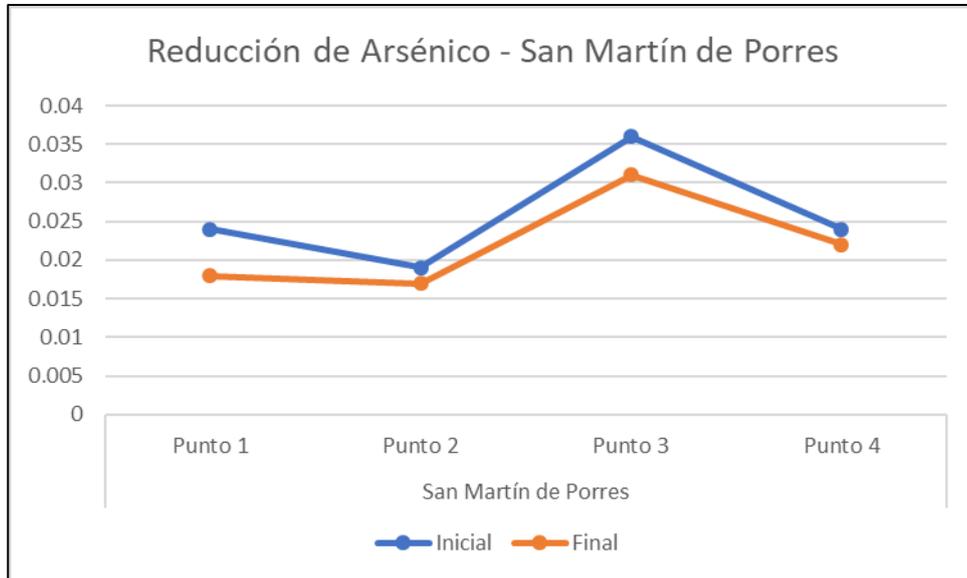
En el cuarto punto de muestreo del distrito de Puente Piedra se pudo observar el mayor porcentaje de reducción de arsénico con un 32.43% (**Figura 24**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 24.** Variación de arsénico en Puente Piedra

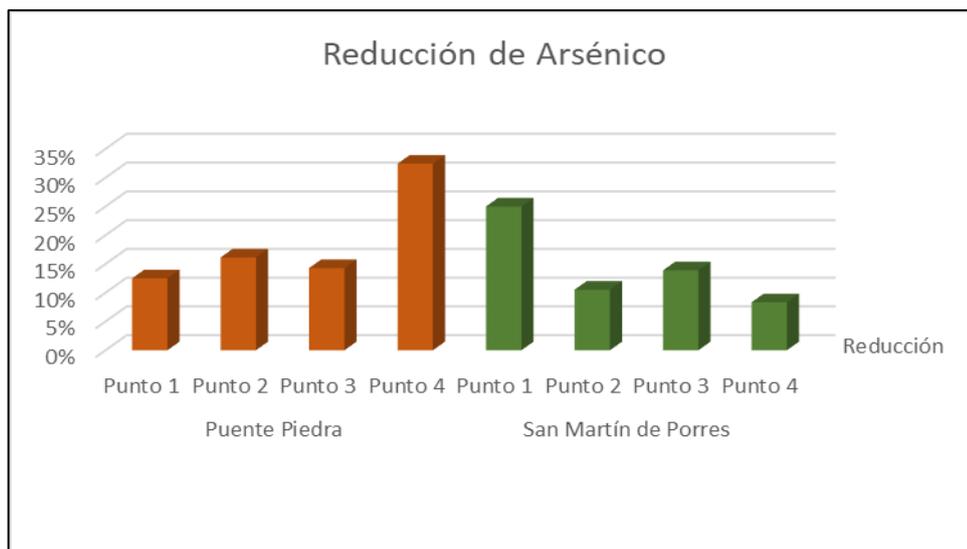
La disminución de arsénico en el agua potable de San Martín de Porres llegó hasta un 25% en el primer punto de muestreo (**Figura 25**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 25.** Variación de arsénico en San Martín de Porres

El mayor porcentaje de reducción de arsénico en las muestras de agua se presencié en Puente Piedra con un 32.43%, mientras que la menor reducción fue de 8.33% la cual estuvo presente en San Martín de Porres (**Figura 26**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 26.** Porcentaje de reducción de arsénico

## Parámetros microbiológicos

En los análisis microbiológicos del distrito de Puente Piedra no hubo presencia de Bacterias Coliformes Totales ni de *E. coli*, pero si se observo la presencia de colonias de estreptococos y hongos (**Tabla 24**).

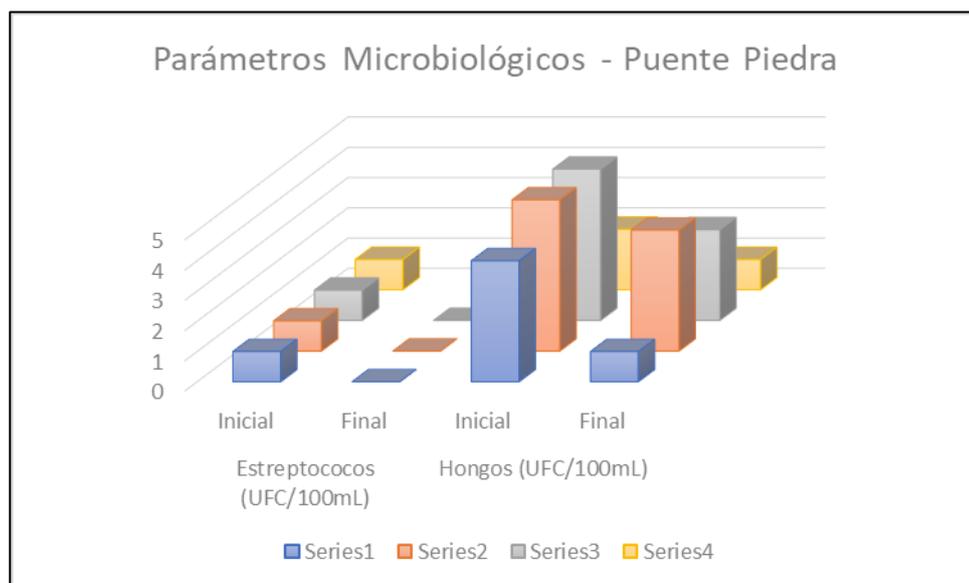
**Tabla 24.** Análisis microbiológicos – Puente Piedra

Puente Piedra								
	Bacterias Coliformes Totales (UFC/100mL a 35°C)		E. Coli (UFC/100mL a 44.5°C)		Observaciones			
	Inicial	Final	Inicial	Final	Estreptococos (UFC/100mL)		Hongos (UFC/100mL)	
					Inicial	Final	Inicial	Final
Punto 1	0	0	0	0	1	0	4	1
Punto 2	0	0	0	0	1	0	5	4
Punto 3	0	0	0	0	1	0	5	3
Punto 4	0	0	0	0	1	0	2	1

Punto 1: Av. San Lorenzo Mz. C Lt. 27 - Puente Piedra  
 Punto 2: Mz.C. Lot.14 Santa Fe de Copacabana II Etapa - Puente Piedra  
 Punto 3: Mz. A Lt. 12A Los Robles, Chillón - Puente Piedra  
 Punto 4: Av. Buenos Aires 786 - Puente Piedra

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de emplear el musgo *Sphagnum magellanicum* en las muestras de agua de Puente Piedra se pudo observar reducción de las colonias de estreptococos y hongos, dejando al menos una colonia de estos microorganismos (**Figura 27**).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 27.** Variación de microorganismos en Puente Piedra

En San Martín de Porres hubo presencia de colonias de estreptococos y hongos, mas no de Bacterias Coliformes Totales y *E. coli* (**Tabla 25**).

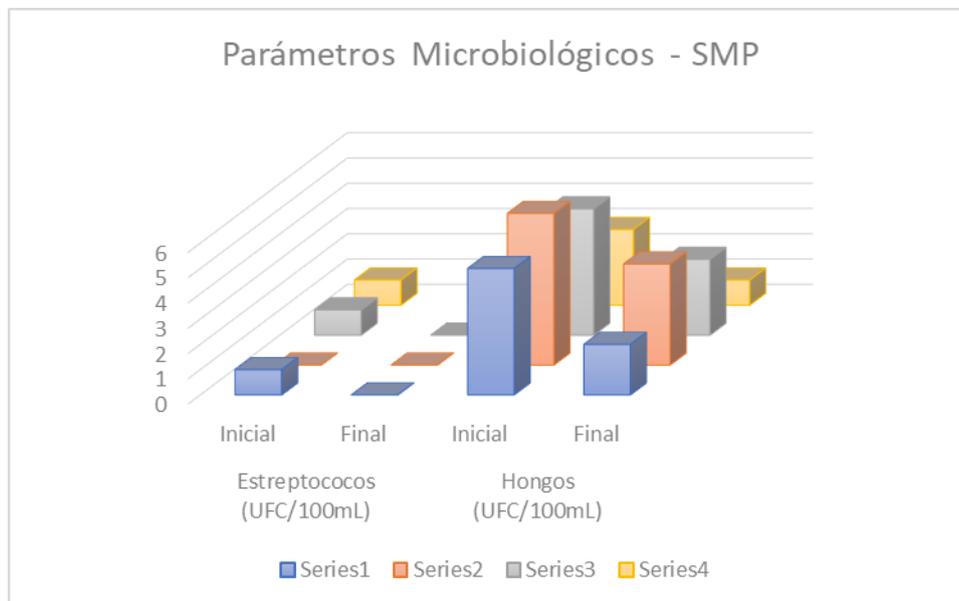
**Tabla 25.** Análisis microbiológico - San Martín de Porres

San Martín de Porres								
	Bacterias Coliformes Totales (UFC/100mL a 35°C)		E. Coli (UFC/100mL a 44.5°C)		Observaciones			
	Inicial	Final	Inicial	Final	Estreptococos (UFC/100mL)		Hongos (UFC/100mL)	
					Inicial	Final	Inicial	Final
Punto 1	0	0	0	0	1	0	5	2
Punto 2	0	0	0	0	0	0	6	4
Punto 3	0	0	0	0	1	0	5	3
Punto 4	0	0	0	0	1	0	3	1

Punto 1: Calle Jircan 114 Huertos de Naranjal - San Martín de Porres  
 Punto 2: Av. Tantamayo Mz. A Lt. 4 - San Martín de Porres  
 Punto 3: Urb. Viñas 3 Mz. H Lt. 8 Naranjal - San Martín de Porres  
 Punto 4: Urb. Mavil Mz C Lt 1 Naranjal - San Martín de Porres

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de la eliminación de microplásticos usando el musgo *Sphagnum magellanicum* la cantidad de colonias de estreptococos y hongos se redujeron hasta en 3 (**Figura 28**).



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 28.** Variación de microorganismos en San Martín de Porres

## Caracterización de microplásticos

Los microplásticos encontrados en el distrito de Puente piedra se caracterizaron por ser en su totalidad de un tamaño  $>0,45 \mu\text{m}$  y de colores negro y transparente (**Tabla 26**).

**Tabla 26:** Características de microplásticos – Puente Piedra

<b>Puente Piedra</b>		
	Partículas de Plástico ( $\mu\text{m}$ )	
	Tamaño	Color
Punto 1.1	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 1.2	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 1.3	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente
Punto 2.1	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 2.2	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente
Punto 2.3	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 3.1	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente
Punto 3.2	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 3.3	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente
Punto 4.1	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 4.2	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 4.3	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro

Punto 1: Av. San Lorenzo Mz. C Lt. 27 - Puente Piedra  
Punto 2: Mz.C. Lot.14 Santa Fe de Copacabana II Etapa - Puente  
Punto 3: Mz. A Lt. 12A Los Robles, Chillón - Puente Piedra  
Punto 4: Av. Buenos Aires 786 - Puente Piedra

**Fuente:** Elaboración propia

Al igual que los microplásticos encontrados en Puente Piedra, las características de las micropartículas de plástico encontradas en San Martín de Porres presentaron un tamaño  $>0,45 \mu\text{m}$  y colores transparente y negro (**Tabla 27**).

**Tabla 27:** Características de microplásticos – San Martín de Porres

<b>San Martín de Porres</b>		
	Partículas de Plástico ( $\mu\text{m}$ )	
	Tamaño	Color
Punto 1.1	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 1.2	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 1.3	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente
Punto 2.1	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente
Punto 2.2	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 2.3	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 3.1	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 3.2	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente
Punto 3.3	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 4.1	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente
Punto 4.2	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro
Punto 4.3	$>0,45 \mu\text{m}$	Negro y Transparente

Punto 1: Calle Jircan 114 Huertos de Naranjal - San Martín de Porres  
Punto 2: Av. Tantamayo Mz. A Lt. 4 - San Martín de Porres  
Punto 3: Urb. Viñas 3 Mz. H Lt. 8 Naranjal - San Martín de Porres  
Punto 4: Urb. Mavil Mz C Lt 1 Naranjal - San Martín de Porres

**Fuente:** Elaboración propia

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación tuvo una serie de resultados que se tuvieron que discutir con una serie de investigaciones previas que se relacionan de manera directa o indirecta al tema de estudio.

La cantidad de microplásticos en distintas muestras de agua potable domiciliaria presente en los distritos de Puente Piedra y San Martín de Porres tuvo como media más alta 26 y una mínima de 16 partículas por cada 250 mL, teniendo en cuenta estos datos no se puede llegar a decir que es una cifra que está en la media a nivel mundial dado que Kosuth (2018) demostró la presencia de hasta 60.9 y un promedio de 9.24 micropartículas de plástico por litro de agua en Estados Unidos, por otro lado Pivokonsky (2018) encontró en República Checa  $338 \pm 76$  a  $628 \pm 28$  partículas/L. en agua cruda tratada.

La presencia de los microplásticos en el agua potable domiciliaria en los distritos de Puente Piedra y San Martín de Porres hace que nos cuestionemos en que cantidades puede estar presente este contaminante en los demás distritos de Lima o las distintas regiones del Perú y que posibles daños a la salud nos pueden causar estos al momento de ingerirlos, como menciona Herkes – Medrano (2018) el consumo de este tipo de contaminante puede llegar a causar diferentes afectaciones a la salud como alteraciones a los tejidos del cuerpo y/o inflamaciones crónicas lo que concuerda con lo dicho por Li (2020), quien afirma que se han encontrados microplásticos en los intestinos, los cuales se ven afectados por este contaminante llegando a presentar inflamaciones y bacteriosis, sin embargo Mintening (2019) menciona que en Alemania se encontró un promedio de 0.7 partículas de microplásticos por  $m^3$  de agua potable superficial lo que, según su investigación, no conlleva a un peligro a la salud humana.

La capacidad de eliminación de partículas de microplásticos presentes en el agua potable domiciliaria utilizando el musgo *Sphagnum magellanicum* presentó una eficacia promedio del 94.63% logrando reducir hasta 25 partículas por cada 250 mL de agua en intervalos de 1 – 4 horas, resultados que pueden ser aún mayores mientras haya un mayor periodo de tiempo o partículas contaminantes de microplástico, ya que, como señala Capozzi (2018) el

musgo *Sphagnum palustre* ha llegado a presentar una depuración de 19 (como mínimo) y de 681 (como máximo) habiéndolo utilizado en un medio acuoso durante un periodo de 7 – 21 días.

Los microplásticos encontrados en el agua potable de los distritos de San Martín de Porres y Puente Piedra tuvieron las mismas características presentando un tamaño de  $>0.45 \mu\text{m}$  y colores negro y transparente en la mayoría de las muestras lo cual nos indica que estas partículas pueden provenir de bolsas de material PET que son de uso cotidiano por una gran parte de la población, este tamaño de partículas se pueden llegar a considerar de un tamaño inferior a las encontradas por Mason (2017), quien confirmó la presencia de partículas de 6 – 100  $\mu\text{m}$  en agua potable embotellada.

En la mayoría de parámetros de calidad organoléptica se vio una variación poco considerable luego de haber usado el *Sphagnum magellanicum*, teniendo una reducción promedio de pH de 6.27%, la 8.61% y el aluminio un 4.62%, por otro lado, la turbidez se incrementó en 4.045 NTU, estas variaciones no alteraron la potabilidad del agua según los parámetros del MINSA.

En los parámetros microbiológicos y químicos evaluados se observó una disminución considerable en estos. Si bien en los parámetros biológicos no se hayo presencia de *E. coli* y bacterias coliformes totales, se hayo presencia de estreptococos y hongos logrando reducir 100 y 43.75% respectivamente. Si bien el arsénico presentó una reducción de un 4.3%, no fue suficiente para estar dentro de los parámetros establecidos por el MINSA dado que su presencia antes del uso del musgo *Sphagnum magellanicum* excedía en más del 100% el límite establecido.

La presencia de hasta 26 partículas de microplásticos en el agua potable domiciliaria nos debe alertar sobre la cantidad de este contaminante en otras fuentes de agua naturales. De Jesús Piñón-Colin (2019) halló la presencia de microplásticos en agentes pluviales, donde identificó la presencia de hasta 191 partículas, a su vez Deng (2019) logró encontrar de 2.1

a 71 partículas/L de agua recolectada alrededor de una zona industrial textil, por su parte Li (2019) obtuvo concentraciones de hasta 70% de microplásticos en aguas dulces, la incremento de este contaminante ha llevado que se realicen diversas investigaciones relacionadas a este problema, para realizar un mejor evaluación referente al tema Meng (2019) examinó una serie de publicaciones referentes a aguas dulces en Reino Unido, donde solo un 32% se relacionaban a los microplásticos lo cual nos muestra el poco conocimiento que aún existe sobre esta problemática.

Si bien se encontró una cantidad considerable de microplásticos en el agua potable domiciliaría fácilmente visibles a través del estereoscopio, esto no puede confirmar la totalidad de este contaminante dado que también se puede presentar como fibras, Han (2019) menciona que las fibras representan el 93.12% de los microplásticos en aguas superficiales.

La presencia de microplásticos en el agua potable domiciliaria lleva a buscar nuevas formas de descontaminación de este recurso, una de ella es el empleo del *Sphagnum magellanicum*, pero esto no quiere decir que no se pueda tratar desde la misma PTAR. Novotna (2019) analizo el agua tratada en una PTAR y descubrió que la cantidad de microplásticos se redujo 70 – 80% aunque no lo considera un procedimiento correcto debido a que no se logró identificar en procedimiento en el que se produjo la eliminación. Por su parte Wang (2020) corroboró que la coagulación junto a la sedimentación y posterior filtración es una adecuada manera de eliminación de microplásticos, a su vez Ma (2019) logró disminuir la cantidad de microplásticos (< 0.5 mm) hasta en 13,27% ± 2,19% aplicando pequeñas dosis de FeCl<sub>3</sub> - 6H<sub>2</sub>O en forma de coagulante y con el AlCl<sub>3</sub> - 6H<sub>2</sub>O redujo 8,28% ± 1,06% las micropartículas de plásticos <0.5 mm.

Debido al poco conocimiento sobre la contaminación de aguas potables a causa de microplásticos no hay metodologías exactas que nos ayuden a caracterizar y analizar cómo se debe estas micro partículas. Koelmans (2019) encontró de un total de 50 investigaciones relacionadas a los microplásticos solo 4 aptas debido a la poca información de las metodologías y procesos de análisis en los laboratorios en donde se realizaron.

Los microplásticos encontrados en las muestras de agua potable fueron en su mayoría de color negro y en menor cantidad transparentes, debido a su color y la presencia de tanque de Rotoplas en los puntos de muestreo se llega a considerar estos plásticos como polietilenos. Rios (2017) encontró plásticos de color negro y blanco en el balneario Costa Azul los cuales fueron identificados como polietileno luego de un análisis de espectrofotometría infrarroja, el cual no se pudo realizar con los microplásticos encontrados en la presente investigación debido a un tamaño.

## V. CONCLUSIONES

El musgo *Sphagnum magellanicum* presentó una eficacia de 94.63% de eliminación de microplásticos presentes en el agua potable domiciliaria, la cual se vio influenciada por el transcurso del tiempo dado que en el primer grupo (1 hora) presentó una reducción de 95.32%, en el segundo grupo (2 horas) redujo un 92.42%, el tercer grupo (3 horas) logró reducir un 95.54% y el cuarto grupo (4 horas) eliminó un 97.27% de las partículas microplásticas.

El *Sphagnum magellanicum* redujo un mínimo de 17 y un máximo de 25 partículas de microplásticos presentes en las muestras tomadas de agua potable domiciliaria de 250 mL en 4 intervalos de tiempo (1 hora, 2 horas, 3 horas y 4 horas).

Los resultados de los análisis de calidad organolépticas del agua potable domiciliaria, antes y después de emplear el musgo para la eliminación de microplástico, se redujo un promedio del 6.27% del pH, en la conductividad eléctrica se obtuvo un 8.61% de reducción, el aluminio presentó una disminución máxima de 32.12% y un mínimo de 3.19%. La turbidez presentó un incremento de 4.045 NTU en promedio.

Para los resultados de análisis químicos del agua potable domiciliaria pre y post aplicación del musgo *Sphagnum magellanicum* se pudo concluir que la colocación de este musgo redujo como mínimo 8.33% y como máximo 32.43% de la cantidad de arsénico presente en las muestras.

Los análisis microbianos evidenciaron que no existió presencia de *E. coli* ni bacterias coliformes totales en ninguna de las fases de la experimentación, sin embargo, se pudo observar presencia de hongos y estreptococos antes de usar el musgo *Sphagnum magellanicum* y una reducción de 43.75% y 100% respectivamente luego de emplear el procedimiento de eliminación de microplásticos.

Los microplásticos que se visualizaron con ayuda del estereoscopio, fueron de dos colores, negro y transparente de los cuales se obtuvieron en un porcentaje de 100% y 37.5% respectivamente, todas con un tamaño mayor a las 0.45  $\mu\text{m}$ .

## VI. RECOMENDACIONES

Realizar más estudios científicos relacionados a la presencia de microplásticos en el agua potable con la familia *Sphagnum* con el fin de determinar el género más eficiente de lograr un mayor porcentaje de eliminación de este tipo de contaminante.

Para futuras investigaciones incrementar parámetros fisicoquímicos como DBO<sub>5</sub> y DQO.

Usar otra metodología con el fin de comparar resultados de depuración de microplásticos mediante el musgo *Sphagnum magellanicum* en agua potable domiciliaria.

Emplear el musgo *Sphagnum magellanicum* en mayores cantidades de agua y tiempo para poder determinar si puede depurar una mayor cantidad de microplásticos u otros contaminantes presentes en el agua potable domiciliaria.

Realizar estudios para identificar la proveniencia de las partículas de microplástico.

Implementar en la cocina de un hogar el musgo *Sphagnum magellanicum* en un tanque de agua donde se retendrá los microplásticos, seguido por otro tanque con un sistema de filtrado a base de carbón activado, para disminuir la turbidez incrementada por el proceso de eliminación de microplásticos, en la salida de este y con acceso directo al grifo, para evitar contaminar los alimentos y agua potable domiciliaria con partículas de microplásticos.

Hacer más investigaciones sobre el daño que puede presentar a la salud la ingesta de micropartículas de plástico a corto y largo plazo.

## REFERENCIAS

AUTORIDAD Nacional del Agua. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídrico-Superficiales. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Perú. 2016. S.l.: s.n.

ANDRADY, A.L. An Introduction to Plastics. *Plastics and Environmental Sustainability* [en línea]. pp. 55-82. 2015. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2019]. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119009405.ch3>  
DOI: 10.1002/9781119009405.ch3

CAPOZZI, F. [et al.]. Evidence on the effectiveness of mosses for biomonitoring of microplastics in fresh water environment. *Chemosphere* [en línea]. Vol. 205. pp. 1-7. 2018. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.074>

ISSN: 18791298

DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.04.074

CARBAJAL, Á. y GONZÁLEZ, M. Propiedades y funciones biológicas del agua. *Agua para la salud. Pasado, presente y futuro*. Vol. 3, pp. 33-45. 2012. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

ISBN: 978-84-00-09572-7

CHEN, G., FENG, Q. y WANG, J. Mini-review of microplastics in the atmosphere and their risks to humans. *Science of The Total Environment* [en línea]. pp. 135504. 2019. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719354981>

ISSN: 0048-9697

DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2019.135504

COOK, S. [et al.]. Longitudinal dispersion of microplastics t in aquatic flows using fluorometric techniques. *Water Research* [en línea], pp. 115337. 2019. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004313541931111X>

ISSN: 00431354

DOI: 10.1016/j.watres.2019.115337

DE JESUS PIÑON, T. [et al.]. Microplastics in stormwater runoff in a semiarid region, Tijuana, Mexico. *Science of The Total Environment* [en línea], pp. 135411. 2019. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896971935404X>

ISSN: 00489697

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135411

DENG, H. [et al.]. Microplastic pollution in water and sediment in a textile industrial area. *Environmental Pollution* [en línea]. pp. 113658. 2019. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113658>

ISSN: 0269-7491

DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113658

EERKES, D., LESLIE, H. y QUINN, B. Microplastics in drinking water: A review and assessment. *Current Opinion in Environmental Science & Health* [en línea]. Vol. 7, pp. 69-75. 2018. [Fecha de consulta: 17 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.12.001>

ISSN: 24685844

DOI: 10.1016/j.coesh.2018.12.001

ERCILIO, M.F. [et al.]. Desafíos del Derecho Humano al Agua en el Perú. pp. 259. 2005. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<http://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/desafios-derecho-humano-agua-peru#:~:text=Las%20disputas%20regionales%20por%20las,quienes%20comparten%20los%20recursos%20h%C3%ADdricos>

ESCUELA Colombiana de Ingeniería. Curso de Procesos de Manufactura. *Plásticos Protocolo* [en línea]. Vol. I, pp. 29. 2007. Disponible en:  
[http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734\\_plimeros.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734_plimeros.pdf)

DOI: 10.15662/IJAREEIE.2017.0605069

GEYER, R., JAMBECK, J.R. y LAW, K.L.. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances* [en línea]. Vol. 3, no. 7, pp. e1700782. 2017. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28776036><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5517107>

ISSN: 2375-2548

DOI: 10.1126/sciadv.1700782

GIEDRE Ašmonaitė [*et al.*]. Size Matters: Ingestion of Relatively Large Microplastics Contaminated with Environmental Pollutants Posed Little Risk for Fish Health and Fillet Quality *Ciencia y tecnología ambientales* [en línea]. Vol. 52 (24), 14381-14391. 2018. [Fecha de consulta: 10 de agosto de 2019]

Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04849>

GODOY, V. [*et al.*]. The potential of microplastics as carriers of metals. *Environmental Pollution*. Vol. 255. 2019. [Fecha de consulta: 6 de julio de 2019]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749119333767>

ISSN: 18736424

DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113363

HAN, M. [*et al.*]. *Journal Pro Science of the Total Environment* [en línea]. pp. 135601. 2019. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2019]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135601>.

ISSN: 0048-9697.

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019

ISOBE, A. [et al.]. An interlaboratory comparison exercise for the determination of microplastics in standard sample bottles. *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. Vol. 146. March, pp. 831-837. 2019. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.033>

ISSN: 18793363

DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.07.033

JAMBECK, J.R. [et al.]. The ocean. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Vol. 347, no. January, pp. 1655-1734. 2015.[Fecha de consulta: 1 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2014-impacts-adaptation-and-vulnerability-part-b-regional-aspects/ocean/38C1BED42EBBDB07470534A27FE0FA5F>

DOI: 10.1017/CBO9781107415386.010

JULIENNE, F., DELORME, N. y LAGARDE, F. From macroplastics to microplastics: Role of water in the fragmentation of polyethylene. *Chemosphere* [en línea]. Vol. 236, pp. 124409.2019. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124409>

ISSN: 18791298

DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124409

KARTHIK, R. [et al.]. Microplastics along the beaches of southeast coast of India. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 645, pp. 1388-1399. 2018. [Fecha de consulta: 4 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.242>  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718326986>

ISSN: 0048-9697.

KOELMANS, A.A. [et al.]. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research* [en línea]. pp. 410-422. 2019. [Fecha de consulta: 7 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>. ISSN 18792448

DOI: 10.1016/j.watres.2019.02.054

KOSUTH, M., MASON, S.A. y WATTENBERG, E. V. Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLoS ONE* [en línea]. Vol. 13, no. 4, pp. 1-18. 2018. [Fecha de consulta: 6 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0194970>

ISSN: 19326203

DOI: 10.1371/journal.pone.0194970

LANG Lin. [et al.]. Occurrence and distribution of microplastics in an urban river: A case study in the Pearl River along Guangzhou City, China, *Science of The Total Environment* [en línea]. Vol. 644, pp. 375-381. 2018. [Fecha de consulta: 29 de agosto de 2019].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.327>

ISSN: 0048-9697

LI, B. [et al.]. Polyethylene microplastics affect the distribution of gut microbiota and inflammation development in mice. *Chemosphere* [en línea]. Vol. 244, pp. 125492. 2020. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125492>

ISSN: 18791298

DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.125492

LI, C., BUSQUETS, R. y CAMPOS, L.C. Assessment of microplastics in freshwater systems: A review. *Science of The Total Environment* [en línea]. pp. 135578. 2019. [Fecha de consulta: 2 de junio de 2019]. Disponible en:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719355731>

ISSN: 00489697

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135578

MA, B. [et al.]. Removal characteristics of microplastics by Fe-based coagulants during drinking water treatment. *Journal of Environmental Sciences (China)* [en línea]. Vol. 78, pp. 267-275. 2019. [Fecha de consulta: 16 de abril de 2019]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.10.006>

ISSN: 18787320

DOI: 10.1016/j.jes.2018.10.006

MA, B. [et al.]. Characteristics of microplastic removal via coagulation and ultrafiltration during drinking water treatment. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. pp. 159-167.

2019. [Fecha de consulta: 28 de julio de 2019]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.155>

ISSN: 13858947

DOI: 10.1016/j.cej.2018.11.155

MASON, Sheri A., WELCH, V. y NERATKO, J. Synthetic Polymer Contamination in Global Drinking Water. *Fredonia.Edu*. pp. 1-17. 2017. [Fecha de consulta: 9 de abril de 2019]. Disponible en:

2017 [https://www.researchgate.net/publication/321267994\\_Synthetic\\_Polymer\\_Contamination\\_of\\_Global\\_Drinking\\_Water](https://www.researchgate.net/publication/321267994_Synthetic_Polymer_Contamination_of_Global_Drinking_Water)

MASON, S.A., WELCH, V. y NERATKO, J. Synthetic Polymer Contamination in Global Drinking Water. *Fredonia* [en línea]. pp. 1-17. 2017. [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2019]. Disponible en: [https://orbmedia.org/stories/Invisibles\\_final\\_report/multimedia](https://orbmedia.org/stories/Invisibles_final_report/multimedia).

MENG, Y., KELLY, F.J. y WRIGHT, S.L.. Advances and challenges of microplastic pollution in freshwater ecosystems: A UK perspective. *Environmental Pollution* [en línea]. pp. 113445. 2019. [Fecha de consulta: 7 de abril de 2019]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113445>

ISSN: 02697491

DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113445

MINISTERIO de Salud. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. pp. 1-44. DS N° 031-2019-SA. 2011.

MINSARIB L. [et al.]. Occurrence of surface sand microplastic and litter in Macajalar Bay, Philippines, *Marine Pollution Bulletin* [en línea]. Vol. 149, 110521. 2019. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2019]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110521>.

ISSN: 0025-326X

MINTENIG, S.M. [*et al.*]. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 648, pp. 631-635. 2019. [Fecha de consulta: 28 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.178>

ISSN: 18791026

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.178

NOVOTNA, K. [*et al.*]. Microplastics in drinking water treatment – Current knowledge and research needs. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 667, pp. 730-740. 2019. [Fecha de consulta: 1 de agosto de 2019]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.431>

ISSN: 18791026

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.431

PIVOKONSKY, M. [*et al.*]. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 643, pp. 1644-1651. 2018. [Fecha de consulta: 8 de abril de 2019]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>

ISSN: 18791026

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.102.

RE, V. Shedding light on the invisible: addressing the potential for groundwater contamination by plastic microfibers. *Hydrogeology Journal*. Vol. 27, no. 7, pp. 2719-2727. 2019. [Fecha de consulta: 3 de setiembre de 2019]. Disponible en:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-019-01998-x>

ISSN: 14350157

DOI: 10.1007/s10040-019-01998-x.

RIOS VELA, D.A. *Caracterización de los microplásticos e identificación de su origen, en el balneario Costa Azul, Ventanilla – Callao 2017* [en línea]. S.l.: s.n. 2017. [Fecha de consulta: 5 de abril de 2019]. Disponible en:

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1634/Isuiza\\_FJB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1634/Isuiza_FJB.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ROYER, S.J. [et al.]. Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLoS ONE*. Vol. 13, no. 8, pp. 1-13. 2018. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2019].

Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0200574>

ISSN: 19326203

DOI: 10.1371/journal.pone.0200574.

SALINAS, M., CARTES, F., *Resultados y Lecciones en Uso, Manejo y Protección del Musgo Sphagnum* [en línea]. S.l.: s.n. 2009. [Fecha de consulta: 16 de agosto de 2019].

Disponible en: [https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75568\\_archivo\\_01.pdf](https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75568_archivo_01.pdf).

ISBN: 978-956-328-049-4.

WANG, Z., LIN, T. y CHEN, W. Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). *Science of the Total Environment* [en línea].

Vol. 700, pp. 134520. 2020. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2019]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134520>

ISSN: 18791026

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134520

WEBB, H.K. [et al.]. Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly(ethylene terephthalate). *Polymers*. Vol. 5, no. 1, pp. 1-18. 2013. [Fecha de consulta: 1 de abril de 2019]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134520>

ISSN: 20734360

DOI: 10.3390/polym5010001

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de Consistencia

VARIABLES	DIMENSIONES	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA
Depuración de agua potable con musgo	Características del <i>Sphagnum magellanicum</i>	¿Cuán eficaz es el uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos en agua potable en Puente Piedra y San Martín de Porres?	Determinar cuán eficaz es el uso de microfiltros de musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos en agua potable en Puente Piedra y San Martín de Porres	El musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> es eficaz reteniendo partículas de microplásticos en agua potable domiciliaria.	TIPO: Aplicada
					ENFOQUE: Cuantitativo
					NIVEL: Descriptivo - correlacional
		<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	
Plástico	Características del Microplástico	¿Qué cantidad de microplástico absorbe y adsorbe la especie de musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> en 250 mL de agua potable domiciliaria?	Mostrar qué cantidad de microplástico absorbe y adsorbe la especie de musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> en 250 mL de agua potable domiciliaria.	El musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> absorbe y adsorbe partículas de microplásticos presentes en el agua potable domiciliaria.	
		¿En cuánto varían los parámetros de calidad organoléptica del agua potable domiciliaria después del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos?	Determinar en cuanto varían los parámetros de calidad organoléptica del agua potable domiciliaria después del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos.	Los parámetros de calidad organolépticas del agua potable domiciliaria no presentan alteraciones negativas luego del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos.	DISEÑO: Cuasi experimental
Agua Potable	Parámetros de Calidad Organoléptica	¿En cuánto varían los parámetros químicos del agua potable domiciliaria después del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos?	Determinar cuánto varían los parámetros químicos del agua potable domiciliaria después del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos.	Los parámetros químicos del agua potable domiciliaria no presentan variaciones negativas luego del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos.	La población fue el agua potable domiciliaria de Puente Piedra y San Martín de Porres y la muestras fueron separadas en 8 grupos de 12 muestras de 250 mL cada uno.
	Parámetros químicos	¿En cuánto varían los parámetros biológicos del agua potable domiciliaria después del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos?	Determinar determinar cuánto varían los parámetros biológicos del agua potable domiciliaria después del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos.	Los parámetros biológicos del agua potable domiciliaria no presentan alteraciones negativas después del uso del musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> para la eliminación de microplásticos.	TÉCNICA
	Parámetros biológicos	¿Cuáles son las características de los microplásticos depurados por el musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> ?	Determinar cuáles fueron las características de los microplásticos depurados por el musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> .	Los microplásticos depurados por el musgo <i>Sphagnum magellanicum</i> fueron de diversos colores y tamaños siendo la mayoría de tipo PET.	Observacional

ANEXO 2. Fase 1 - Toma de muestras y determinación de microplásticos



Figura 29. Toma de muestras

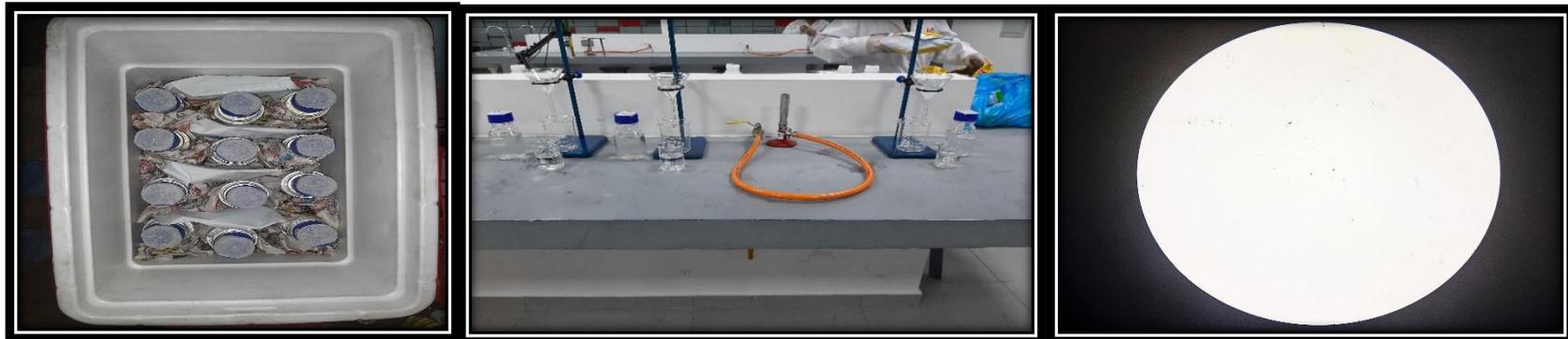


Figura 30. Determinación de microplásticos

ANEXO 3. Análisis de calidad organoléptica y uso del musgo.



Figura 32. Análisis de calidad organoléptica

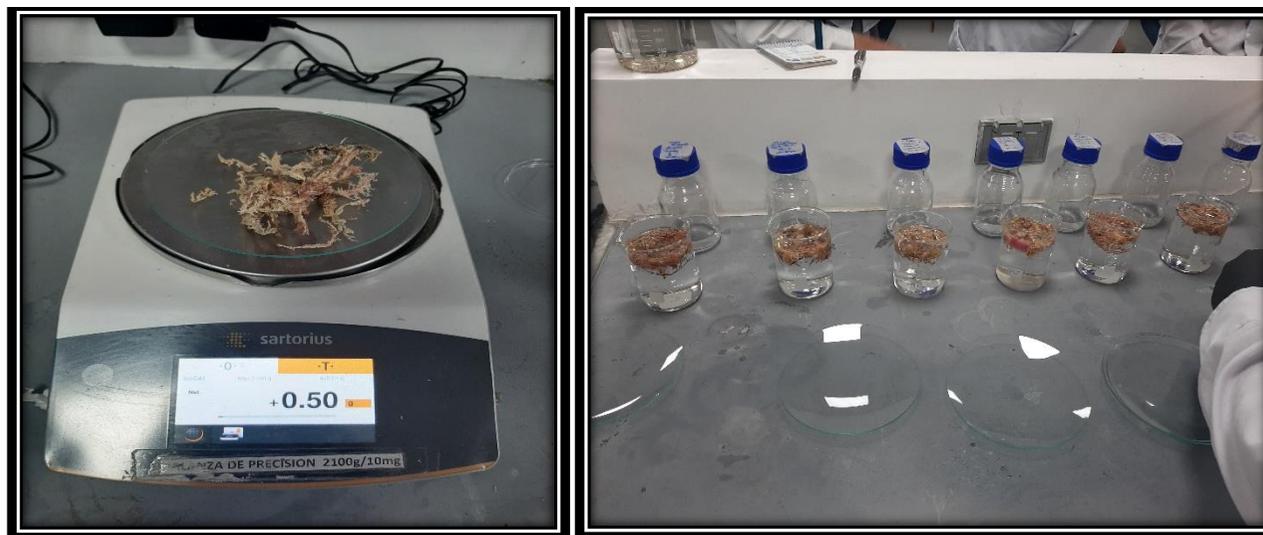


Figura 31. Uso del musgo

ANEXO 4. Análisis microbiológico



Figura 33. Análisis microbiológico

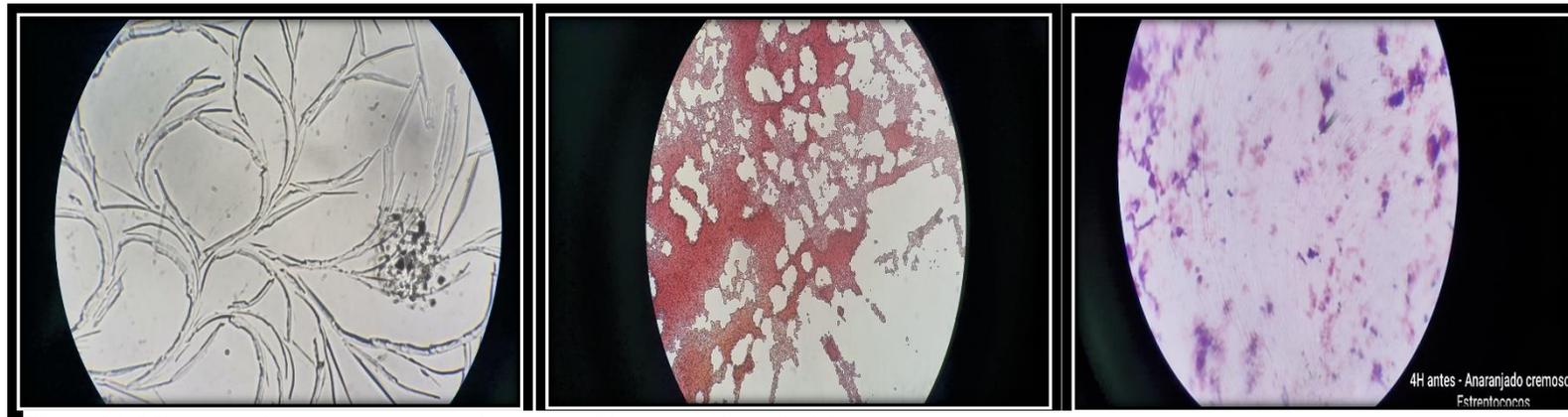


Figura 34. Microorganismos presentes en el agua potable antes y después del musgo

ANEXO 5. Filtros de celulosa luego de pasar el agua tratada – San Martín de Porres

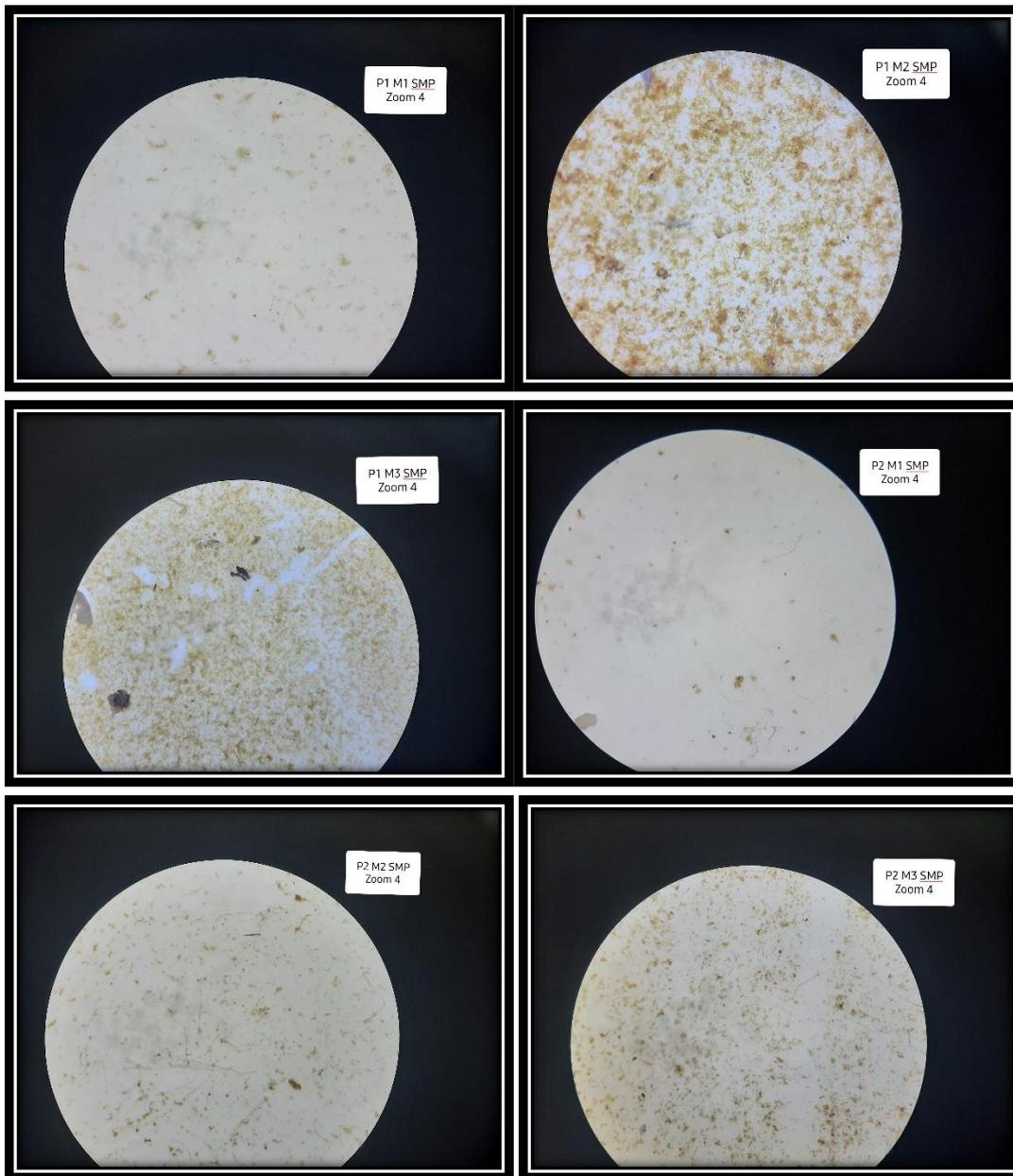


Figura 35. Fotos de los filtros de los puntos 1 y 2 - SMP

ANEXO 6. Filtros de celulosa luego de pasar el agua tratada – San Martín de Porres

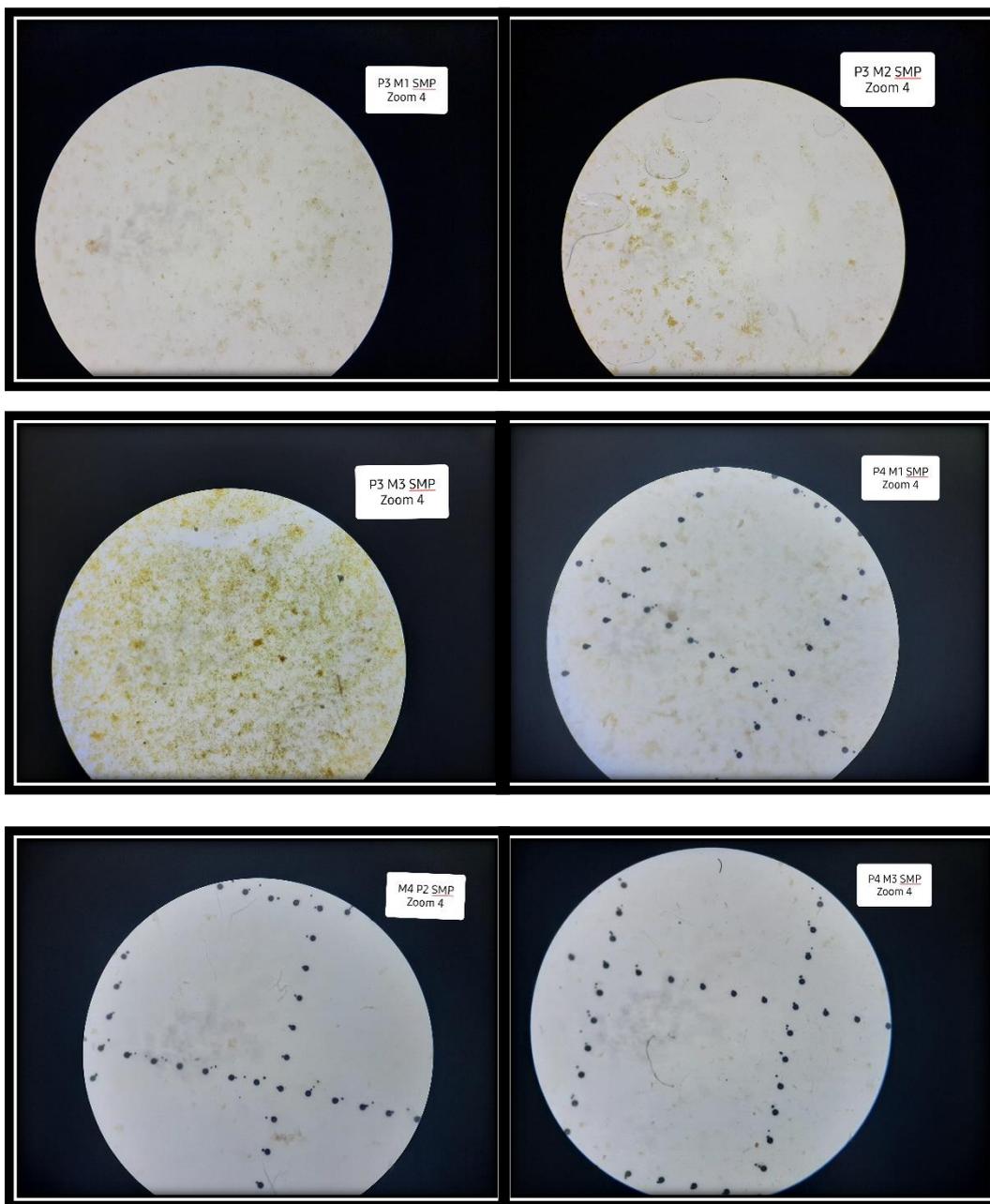


Figura 36. Fotos de los filtros de los puntos 3 y 4 - SMP

ANEXO 7. Filtros de celulosa luego de pasar el agua tratada – Puente Piedra

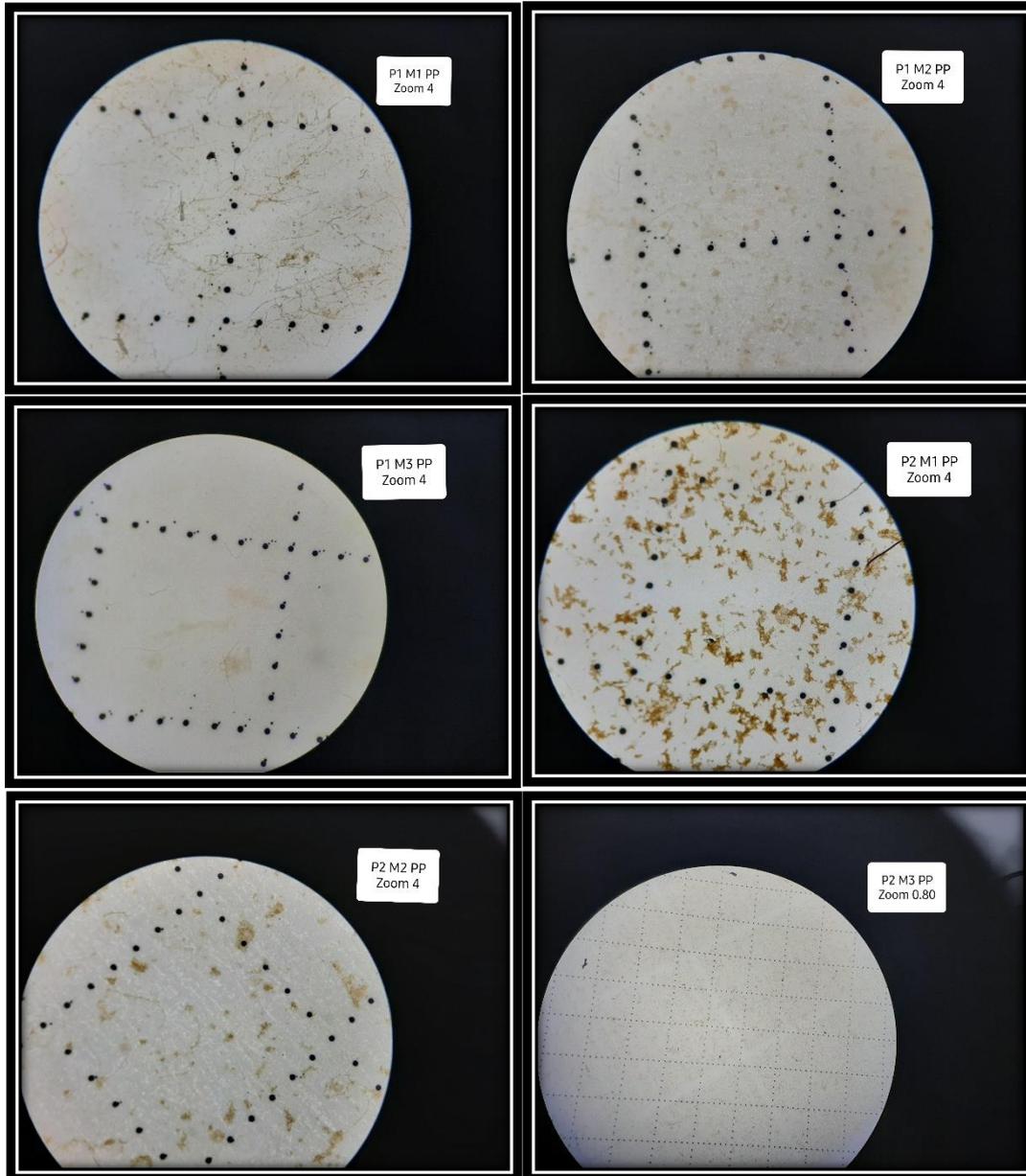


Figura 37. Fotos de los filtros de los puntos 1 y 2 - PP

ANEXO 8. Filtros de celulosa luego de pasar el agua tratada

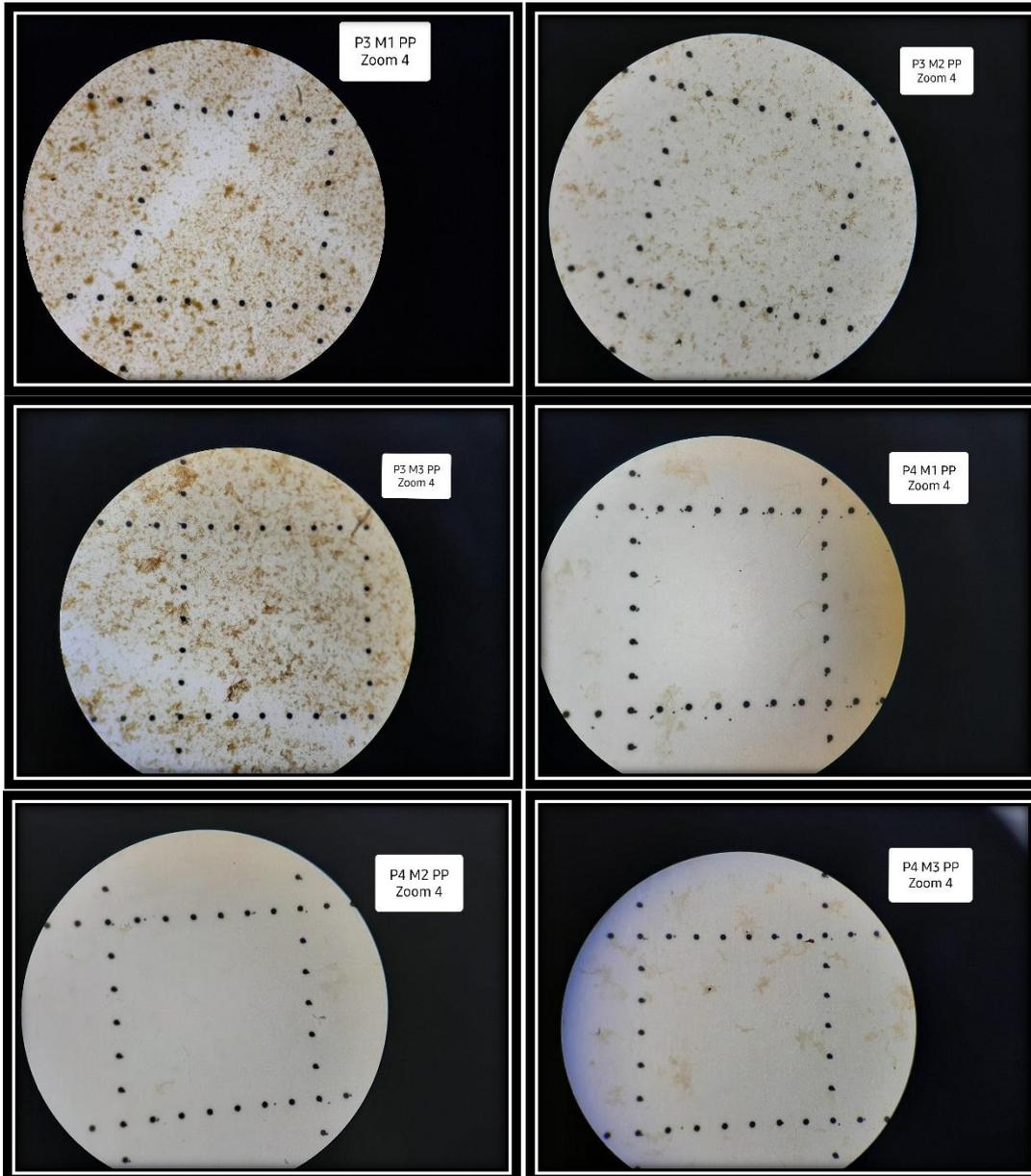


Figura 38. Fotos de los filtros de los puntos 3 y 4 - PP

ANEXO 9. Resultados de los análisis de laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**  
**Laboratorio de Espectrometría**

**ANALISIS DE DIECISEIS MUESTRAS DE AGUA**

SOLICITADO POR : **KATHERINE HELEN FUENTES BOLAÑOS**

Procedencia de muestra : Agua de consumo humano  
 Recepción de muestra : Lima, 21 de Noviembre del 2019

**RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS**

Nº	Muestra	Al(mg/L)	As(mg/L)
M1	Sedapal (Antes)	0.106	0.024
M2	P752 (Después)	0.074	0.018
M3	San Lorenzo PFA (Antes)	0.121	0.032
M4	San Lorenzo PFA (Después)	0.103	0.028
M5	Av. Buenos Aires 786 (Antes)	0.131	0.037
M6	Av. Buenos Aires 786 (Después)	0.102	0.025
M7	Santo Tomas (Antes)	0.137	0.031
M8	Santo Tomas (Después)	0.093	0.026
M9	Los Robles (Antes)	0.111	0.021
M10	Los Robles (Después)	0.094	0.018
M11	2do Punto Av. Tantamayo MzA Lt4	0.132	0.019
M12	Av. Tantamayo (Después)	0.112	0.017
M13	3er Punto Urb. Viñas 3 Mz H Lt 8	0.094	0.036
M14	Las Viñas (Después)	0.091	0.031
M15	4to Punto Urb Mavil Mz.C LT 1	0.053	0.024
M16	Mavil (Después)	0.049	0.022

Método analítico : Espectrometría de Absorción Atómica

Lima, 25 de Noviembre del 2019

  
 MSc. Atilio Mendoza A  
 Jefe Lab. ESPECTROMETRIA



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
 Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
 e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 39. Resultados de análisis de aluminio y arsénico

## Anexo 10. Resultados de análisis de pH - SMP

LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Físico  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.1	pH	7.35
M-Final				6.9

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.2	pH	7.33
M-Final				6.81

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.3	pH	7.42
M-Final				6.95

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.1	pH	7.35
M-Final				6.92

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.2	pH	7.32
M-Final				6.83

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.3	pH	7.41
M-Final				6.94

Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.1	pH	8.28
M-Final				7.75

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.2	pH	7.87
M-Final				7.41

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.3	pH	8.1
M-Final				7.63

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.1	pH	7.48
M-Final				6.92

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.2	pH	7.76
M-Final				7.26

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.3	pH	7.78
M-Final				7.31

  
 Q. F. B. Rosalvina De la Cruz Dával  
 UCV - Lima Norte

## Anexo 11. Resultados de los análisis de pH - PP

ENSAYO N° 2  
LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Físico  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.1	pH	8.07
M-Final				7.56

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.2	pH	7.99
M-Final				7.69

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.3	pH	7.96
M-Final				7.57

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.1	pH	7.89
M-Final				7.37

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.2	pH	7.91
M-Final				7.43

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.3	pH	7.96
M-Final				7.46

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.1	pH	7.95
M-Final				7.42

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.2	pH	8.08
M-Final				7.54

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.3	pH	8.09
M-Final				7.59

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.1	pH	7.57
M-Final				7.02

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.2	pH	7.47
M-Final				6.93

Potencial de Hidrógeno SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.3	pH	7.74
M-Final				7.26

  
 Q. F. B. Rosalinda De la Cruz Dával  
 UCV - Lima Norte

## Anexo 12. Resultados de análisis de CE - SMP

LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Físico  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.1	CE	535
M-Final				507
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.2	CE	539
M-Final				523.25
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.3	CE	636.3
M-Final				520.33
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.1	CE	518
M-Final				451.67
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.2	CE	541
M-Final				512.67
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.3	CE	536.5
M-Final				502.33

Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.1	CE	544.3
M-Final				523.67
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.2	CE	553.3
M-Final				502.33
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.3	CE	554.7
M-Final				479.33
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.1	CE	524
M-Final				482
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.2	CE	536
M-Final				495.33
Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.3	CE	539
M-Final				475

  
 Q. F. B. Rosalvina De la Cruz Dával  
 UCV - Lima Norte

### Anexo 13. Resultados de análisis de CE - PP

LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Físico  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.1	CE	930
M-Final				819.67

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.2	CE	940.67
M-Final				809.67

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.3	CE	927.3
M-Final				827

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.1	CE	954.3
M-Final				821

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.2	CE	958.67
M-Final				890

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.3	CE	923.67
M-Final				885.3

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.1	CE	890.3
M-Final				825.67

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.2	CE	873
M-Final				804.3

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.3	CE	875.67
M-Final				842.3

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.1	CE	1395.3
M-Final				1321

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.2	CE	1431
M-Final				1027.3

Conductividad Eléctrica PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.3	CE	1220
M-Final				1126.67

Q. F. B. Rosalvina De la Cruz Dával  
 UCV - Lima Norte

## Anexo 14. Resultados de turbidez - SMP

ENSAYO N° 5  
LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Físico  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.1	NTU	0.15
M-Final				4.15

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.2	NTU	0.13
M-Final				4.1

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.3	NTU	0.15
M-Final				4.38

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.1	NTU	0.83
M-Final				4.85

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.2	NTU	0.76
M-Final				4.79

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.3	NTU	0.9
M-Final				4.98

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.1	NTU	0.5
M-Final				4.51

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.2	NTU	0.81
M-Final				4.74

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.3	NTU	0.3
M-Final				4.33

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.1	NTU	0.76
M-Final				4.74

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.2	NTU	0.65
M-Final				4.63

Turbidez SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.3	NTU	0.15
M-Final				4.12

  
 Q. F. B. Rosalvina De la Cruz Dávila  
 UCV - Lima Norte

## Anexo 15. Reducción de turbidez - PP

**ENSAYO N° 6**  
LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Físico  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.1	NTU	0.15
M-Final				4.28

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.2	NTU	0.15
M-Final				4.36

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.3	NTU	0.15
M-Final				4.4

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.1	NTU	0.35
M-Final				4.35

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.2	NTU	0.15
M-Final				4.17

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.3	NTU	0.35
M-Final				4.3

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.1	NTU	0.65
M-Final				4.5

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.2	NTU	0.3
M-Final				4.4

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.3	NTU	0.15
M-Final				4.35

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.1	NTU	0.6
M-Final				4.68

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.2	NTU	0.1
M-Final				4

Turbidez PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.3	NTU	0.85
M-Final				5

  
 Q. F. B. Rosalvíña De la Cruz Dávila  
 UCV - Lima Norte

## Anexo 16. Resultados de análisis microbiológicos

ENSAYO N° 7  
LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Microbiológicos  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Estreptococos				
Estación	Tipo de resultado	Muestra	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Muestra 1	UFC/100 mL	1
M-Final				0

Estreptococos				
Estación	Tipo de resultado	Muestra	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Muestra 2	UFC/100 mL	1
M-Final				0

Estreptococos				
Estación	Tipo de resultado	Muestra	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Muestra 3	UFC/100 mL	1
M-Final				0

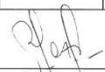
Estreptococos				
Estación	Tipo de resultado	Muestra	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Muestra 4	UFC/100 mL	1
M-Final				0

Hongos				
Estación	Tipo de resultado	Muestra	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Muestra 1	UFC/100 mL	4
M-Final				1

Hongos				
Estación	Tipo de resultado	Muestra	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Muestra 2	UFC/100 mL	5
M-Final				4

Hongos				
Estación	Tipo de resultado	Muestra	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Muestra 3	UFC/100 mL	5
M-Final				3

Hongos				
Estación	Tipo de resultado	Muestra	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Muestra 4	UFC/100 mL	2
M-Final				1

  
Q. F. B. Rosalva De la Cruz Dával  
UCV - Lima Norte

### Anexo 17. Resultados de microplásticos - SMP

**ENSAYO N° 8**  
LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Físico  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.1		17
M-Final				2

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.2		16
M-Final				1

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.3		16
M-Final				2

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.1		20
M-Final				1

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.2		21
M-Final				1

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.3		23
M-Final				2

Microplásticos PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.1		20
M-Final				1

Microplásticos PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.2		24
M-Final				0

Microplásticos PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.3		23
M-Final				1

Microplásticos PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.1		23
M-Final				1

Microplásticos PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.2		25
M-Final				0

Microplásticos PP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.3		26
M-Final				1

  
 Q.F.B. ROSALBINA DE LA CRUZ DAVILA  
 UCV - LIMA NORTE

Anexo 18. Resultados de microplásticos - PP

**ENSAYO N° 3**  
LABORATORIO DE QUÍMICA - UCV

**Dirección:** Av. Alfredo Mediola 3262, Panamericana Norte - Los Olivos  
**Tipo de Ensayo:** Análisis Físico  
**Matriz:** Agua potable  
**Descripción de la muestra:** Muestra obtenida de domicilios  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química - UCV

Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.1	CE	535
M-Final				507

Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.2	CE	539
M-Final				523.25

Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 1.3	CE	636.3
M-Final				520.33

Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.1	CE	518
M-Final				451.67

Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.2	CE	541
M-Final				512.67

Conductividad Eléctrica SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 2.3	CE	536.5
M-Final				502.33

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.1		22
M-Final				2

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.2		23
M-Final				0

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 3.3		24
M-Final				2

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.1		23
M-Final				0

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.2		25
M-Final				1

Microplásticos SMP				
Estación	Tipo de resultado	Punto	Unidad de medida	Resultados
M-Inicial	Muestra	Punto 4.3		24
M-Final				1

  
 Q.F.B ROSALBINA DE LA CRUZ DAVILA  
 UCV - LIMA NORTE







