



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Evaluación del nanotubo de carbono para remoción de
microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa – 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental**

AUTORA:

Vargas Santos, Allison Daniela (ORCID: 0000-0003-2652-4278)

ASESOR:

Mg. Aliaga Martínez, María Paulina (ORCID: 0000-0003-2767-4825)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Es intangible el valor de una dedicatoria para todos aquellos que creyeron en mi para forjar esta tesis.

A mis padres Nuyen y Rosa por haberme dado la vida, su amor, confianza, por tanto, apoyo y paciencia a lo largo de mi formación académica.

A mis hermanas y hermano, por siempre haberme alentado a seguir adelante.

Y todas las personas que lean esta tesis, no cesar para cambiar el mundo por más pequeña y loca que sea.

Agradecimiento

A la Universidad Cesar Vallejo y a la escuela profesional de Ingeniería Ambiental por apoyarme para obtener el título profesional.

A la Ingeniera Aliaga Martínez, que me aconsejo, guio y ayudo

a que esta tesis se logre.

Y a todas las personas que de alguna forma me ayudaron

a concretar esa travesía de mejora en esta nueva etapa.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	9
III. METODOLOGÍA	30
3.1. Tipo y diseño de investigación	30
3.2 Variables y operacionalización	32
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	34
3.5. Materiales y equipos	35
3.6. Procedimientos	36
3.7. Método de análisis de datos	42
3.8. Aspectos éticos	42
IV. RESULTADOS	44
V. DISCUSIÓN	53
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS	
ANEXO	

Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades comparativas de un SWN	26
Tabla 2. Diseño de la investigación en sus niveles	31
Tabla 3. Operacionalización de la variable	32
Tabla 4. Técnicas e instrumentos	34
Tabla 5. Análisis de la Validación	35
Tabla 6. Distribución de la cantidad de muestra para análisis inicial	39
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del agua pre tratamiento	40
Tabla 8. Tipos de plásticos encontrados en la muestra	41
Tabla 9. Parámetro físico-químicas pre tratamiento del agua.....	44
Tabla 10. Resultados de análisis de metal pesado arsénico en el agua del río Chili, Arequipa.....	44
Tabla 11. Resultado de microplásticos en el agua del rio Chili	45
Tabla 12. Condición de medición	47
Tabla 13. Resultado del Arsénico pre y post tratamiento.....	50
Tabla 14. Resultado del microplástico Pre y Post tratamiento	52

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama que ilustra cómo se forma un nanotubo de carbono de la hoja de grafito.	15
Figura 2. Dispersión de fonones (a) y densidad de estados fonónicos (b) del grafito 2d	16
Figura 3. Partes del nanotubo de carbono.	18
Figura 4. Microplástico del basurero a tu plato	28
Figura 5. Clasificación según tipos de plásticos en placas Petri.....	29
Figura 6. Gráfico Esquema discretizado del río Chili.....	36
Figura 7. Imágenes tomadas en la recolección de agua en el río Chili.....	37
Figura 8. Muestras extraídas del agua del río Chili llevadas al laboratorio	38
Figura 9. Análisis de agua del río Chili	40
Figura 10. Resultados del As Pre – Tratamiento	45
Figura 11. Resultado del microplástico Pre – Tratamiento	46
Figura 12. Imagen de observación microscópica	47
Figura 13. Micrografía de los nanotubos de carbono	48
Figura 14. El filtro del nanotubo de carbono	49
Figura 15. Malla inoxidable del filtro del nanotubo de carbono.....	49
Figura 16. Resultado de Arsénico Post - Tratamiento	50
Figura 17. Resultado de microplástico Post - Tratamiento	51

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del nanotubo de carbono para la remoción de microplásticos y arsénico en el agua del río Chili, departamento de Arequipa. La investigación fue de tipo aplicada porque se adquiere conocimientos nuevos basados en hechos con diseño experimental, también se basó en los procedimientos en la que se trabajó con las variables independiente y dependiente.

La muestra fue recolectada en el río Chili extrayendo un litro de agua en 3 distintos puntos de referencia geográfica, las tres repeticiones con los resultados de arsénico y microplásticos.

Se analizó las muestras de agua, teniendo como resultados lo siguiente, el arsénico después del tratamiento del nanotubo de carbono sacó como resultado al 99% de remoción ya que inicialmente 0,0096mg/l que equivale al 100% este no excedía el Estándar de Calidad Ambiental Categoría 3 (ECA) y al microplástico sacando un promedio con las repeticiones al 99.9% de remoción con el filtro del nanotubo de carbono y antes del tratamiento los resultados fueron 5mm que equivale al 100%.

Concluyendo que al usar el filtro del nanotubo de carbono se logra la remoción de arsénico y microplásticos en el agua del río Chili del departamento de Arequipa. Siendo la empleabilidad de este filtro con el nanotubo de carbono eficiente y saludable para el ser humano ya que ofrece una alta purificación al agua.

Palabras clave: nanotubo de carbono, microplásticos, arsénico, filtro.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the efficiency of the carbon nanotube for the removal of microplastics and arsenic in the water of the Chili River, department of Arequipa. The research was of an applied type because new knowledge is acquired based on facts with an experimental design, it was also based on the procedures in which the independent and dependent variables were worked on.

The sample was collected in the Chili River extracting a liter of water in 3 different geographical reference points, the three repetitions with the results of arsenic and microplastics.

The water samples were analyzed, having the following results, the arsenic after the treatment of the carbon nanotube bag as a result of 99% removal since initially 0.0096mg/l, which is equivalent to 100%, did not exceed the category 3 environmental quality standard and the microplastic taking an average with the repetitions at 99.9% removal with the carbon nanotube filter and before treatment the results were 5 mm which is equivalent to 100%.

Concluding that by using the carbon nanotube filter, the removal of arsenic and microplastics in the water of the Chili river in the department of Arequipa is achieved. Being the employability of this filter with the carbon nanotube efficient and healthy for the human being since it offers a high purification to the water.

Keywords: carbon nanotube, microplastics, arsenic, filter

I. INTRODUCCIÓN

Los humanos destruyen la naturaleza y su propio hábitat en busca de una vida mejor, pero no tienen en cuenta las consecuencias. Los contaminantes alcanzan la tierra, el mar y el aire, que afectan el futuro de todos nosotros, ahora y en el futuro. Entre ellos, el plástico sigue siendo una de las causas principales de la contaminación en el mundo. Y más aún con el crecimiento poblacional y las costumbres consumistas de la mayoría de nuestra especie, entre ellas, más fibras de polímero entran en contacto con el entorno marino en zonas de marea. La implementación de procesos que se ocupan de la reducción de contaminantes o con la reutilización de productos de desecho implica el uso de nuevas tecnologías. La preocupación creciente sobre el cambio climático global, la escasez de las materias primas más importantes y la disponibilidad limitada de la tierra han estimulado mucho interés en la producción de recursos.

Además de la liberación de microfibras, la combustión de residuos de combustible plástica, cada año, lo que resulta en una nueva materia particulada que está relacionada con los efectos graves de la salud humana. Por lo tanto, no es sorprendente que la contaminación causada por el impacto de los plásticos en el medio ambiente marino haya dado lugar a muchos intereses en el desarrollo de nuevos enfoques para su tratamiento, siendo que los artículos de plástico de un solo uso incluyen pajitas de beber, globos, cepillos de dientes, platos, tazas, bolsas desechables y juguetes. Estos artículos tienen una vida corta, pero son difíciles de descomponerlos, lo que los convierte en una forma persistente de contaminación. Los plásticos de un solo uso contaminan el medio ambiente a través de la lixiviación de productos químicos y microfibras en el océano. Los animales marinos ingieren estas microfibras, que pueden causar cambios físicos y de comportamiento en los animales y podrían conducir a la desaparición de los arrecifes de coral y otros ecosistemas marinos. (Derraik, 2002). Entre las técnicas que se pueden usar son la fragmentación de los residuos para la destrucción de polímeros, incineración, reciclaje, compostaje y recuperación de aditivos (papel, textiles, metales) (Thompson, 2004).

La contaminación de los metales pesados se ha mantenido en uno de los principales problemas de todo el mundo en los últimos años. En los países desarrollados y en desarrollo, muchas actividades industriales, como los procesos metalúrgicos, mineros y de fundición, han provocado la ocurrencia de metales pesados en grandes cantidades, debido a que el almacenamiento de materiales peligrosos en un estado de abandono conduce a la ausencia de la eliminación requerida de su contenido inicial, y de la adición de nuevos materiales, el proceso tiende a continuar indefinidamente, lo que lleva a la degradación de los sistemas de suelo y agua, se acumulan en los organismos, por tanto, su presencia en el agua constituye un gran problema a nivel mundial, (Salazar, 2013).

El arsénico es uno de los elementos tóxicos que ocurren naturalmente, a pesar de que es menos tóxico que el mercurio. Pero la concentración y la disponibilidad de este elemento tóxico es mayor en el agua, el aire y el suelo que otros elementos. Los compuestos inorgánicos de arsénico son generalmente volátiles y móviles y pueden diseminarse ampliamente. Las fuentes de arsénico están en todo el mundo. Porque estas son las principales fuentes y agentes de la exposición al arsénico: Fuentes minerales y sedimentos, arsénico en agua, compuestos orgánicos, pesticidas, fungicida. Las exposiciones que el sujeto puede tener incluyen aire, agua como en agua subterránea, agua superficial, agua de mar, agua potable, alimentos (ganado, plantas silvestres, frutas, etc.), medicinas, entre otros (Flores, 2009).

En este sentido, puede asumir que la Organización Mundial de la Salud en sus recomendaciones a la comunidad internacional, de la cual es parte los países latinoamericanos, dijo que los límites de la dosis humana efectiva de arsénico en agua son de 50 μg / litros de agua, lo que es un valor considerado seguro para la exposición a largo plazo, por lo que existe un riesgo de cáncer. Para evitar este problema, la comunidad internacional debe decidir que políticas deben usarse para mejorar este tipo de situaciones, mientras que las poblaciones cercanas a 150 millones alrededor del mundo (Flores, 2009).

Los nanotubos de carbono es un proceso físico químico que va a prevenir ingerir microplásticos y arsénico así se evitará enfermedades futuras. La función del nanotubo

de carbono en su pared sencilla de grafito retiene los microplásticos y arsénico aparte hace una acción antibacteriana. Las aplicaciones de nanotecnología pueden neutralizar los elementos metálicos en gases, agua, suelos o líquidos. Estos metales se utilizan a menudo en diversas industrias, ya que se encuentran en las industrias que se ocupan de la electricidad, la agricultura, la construcción, la salud, la impresión, el embalaje, impresión, artículos para el hogar y, por supuesto, aeroespacial. Es esencial reconocer que los nano-híbridos pueden realizar una gran eficiencia en el desarrollo de materiales-química al reducir la carga de metales tóxicos que se encuentran en el hombre y la naturaleza en un estado natural del medio ambiente. Como resultado, será Posible utilizar materiales ambientalmente seguros en diversas aplicaciones, reduciendo así la contaminación y eliminando los problemas de salud en la población general. (Serrano 123, 28006 Madrid, España).

A **nivel internacional**. En Sudamérica una de las revisiones más actualizadas sobre los estudios de los desechos plásticos ha sido realizada en Brasil (Ivardo Soul & Costa, 2007).

Un reciente estudio detalla ¿Cuáles son los efectos de los plásticos para el sistema gastrointestinal en animales? Que se responde con que no hay duda de que el estudio de los efectos de los plásticos en el cuerpo humano es limitado, pero hay algunos estudios que indican claramente que algunos de los efectos secundarios podrían verse en una población de peces expuesta al plástico, especialmente cuando está contenido en una dieta provocando una disminución nutricional (Lönnstedt & Eklöv, 2016).

Se puede asumir que la producción de plástico global supera la producción de aceite o cualquier otro material, la contaminación plástica se da por plásticos de un solo uso que a menudo están hechos de polietileno, poliestireno, polipropileno, tereftalato de polietileno y cloruro de polivinilo. La industria plástica utiliza combustibles fósiles no renovables en su proceso de fabricación, lo que resulta en emisiones de dióxido de carbono, benceno, formaldehído, azufre, amoníaco y óxidos de nitrógeno. La industria, en los Estados Unidos, libera más de 40 millones de toneladas de petróleo en el medio ambiente anualmente. Además, el uso de plásticos puede causar escorrentía química de los vertederos y se encuentra a menudo en flujos de residuos sólidos. También hay muchos materiales plásticos que no se descomponen y crean problemas en el medio

ambiente. Muchos de los productos plásticos son potencialmente dañinos para el medio ambiente.

Los microplásticos (MP) son partículas de origen polimérico producidas en dimensiones <5 mm o resultantes de la degradación de plásticos más grandes. En las diferentes épocas del año existen microplásticos en el agua. Los microplásticos están compuestos por sustancias químicas, en su elaboración se añaden: plastificantes, antioxidantes y colorantes. El tamaño principal de las partículas de plástico, se pueden definir según las formas en la que las partículas se desintegran en condiciones de hogar estándar o hasta que siga un grado satisfactorio de degradación. Por lo tanto, pueden clasificarse en diferentes formas, por ejemplo, micro o nanopartículas que son partículas muy pequeñas. La forma secundaria de partículas que se pueden clasificar, por ejemplo, partículas primarias, en partículas nanosizadas o microsizadas, con partículas microsizadas en el rango inferior a 100 μm tienen una forma secundaria, y que se puede identificar una gama de tipos diferentes como un formulario secundario (Cole, 2013).

Los microplásticos son ingeridos por peces o mariscos y este microplástico se penetra al sistema digestivo y otros órganos, el comercio de este logra llegar a nuestra cadena alimenticia eso significa que el humano consume pequeños fragmentos de micro plástico (Browne et al., 2010; Napper et al., 2015; Retama et al., 2016). En este sentido, puede asumir que, el informe de la Organización Mundial de la Salud de 2014 reconoció un 58.3% del cáncer que se origina en el consumo de alimentos, aunque el agua arsénica es una de las ocho sustancias carcinogénicas inducidas por el consumo, y en el ejemplo particular de agua potable, principalmente asociada al consumo de mariscos, el riesgo carcinogénico es similar a la del tabaco con el agua con arsénico (Peter Ravenscroft, 2007).

Nivel nacional. En Lima, entre los años 2009 al 2013 la generación de residuos sólidos por habitante reportado por sus municipios se ha incrementado (MINAM, 2016). El aumento de las aguas residuales generado en los centros urbanos tiene un mayor porcentaje en desechos sólidos. El aumento de la contaminación en la zona costera es una consecuencia de usar la costa tanto para el turismo, pero no tanto para la residencia. El tipo de cuencas y acuíferos asociados no es sostenible, y por lo tanto, los

planes de gestión, las medidas y las prácticas preventivas deben ser entendidas, desarrolladas e implementadas de manera oportuna. Para proteger el medio ambiente, se debe abordar el nivel de voluntad política, compromiso, concientización y políticas ambientales, y es esencial incluir sectores de la población en la construcción de programas ambientales, lo que hace posible todo el sistema de valoración de la naturaleza. En relación se produce una contaminación de los sedimentos en las playas locales de las ciudades costeras, durante los períodos de alto flujo y por los altos niveles de contaminantes que provienen del transporte marítimo de sedimentos a lo largo de los cuerpos de agua como ríos y desagües (CPPS, 2007). Se tiene la tesis de Apaza (Porto y Hernán, 2016) para explicar ese tipo de situación.

Esto se debe al hecho de que el arsénico interactúa con sulfato en presencia de hierro, cloro y materia orgánica, formando un complejo que no se mueve. A su vez, la presencia de sulfato aumenta el arsénico. Por esta razón, los sulfatos son indicadores de arsénico total. Por lo tanto, este criterio será más estrictamente controlado, debido al hecho de que el hierro se utiliza en la industria y la agricultura mediante la Norma Técnica Peruana 214.003.87 de INDECOPI, que pone un tope de arsénico de 50 µg/L (DIGESA) (Flores Espinoza, 2009).

Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que algunas de las cuencas de los ríos más grandes del mundo están bajo la presión de las acciones humanas que involucran o tienen implicaciones en el sector del agua. La gestión de las aguas superficiales se encuentra entre las acciones que tienen el mayor impacto social y económico. Cuando consideramos la cantidad de agua que se consume, se procesa y utilizamos para las necesidades humanas, el uso de agua dulce es, con mucho, el mayor consumo que contribuye a la mitad del uso promedio del agua global per cápita. Tenemos una dependencia actual de nuestra vida con el agua, ya sea para beber, cocinar, limpiar o cualquier otro uso que implique el consumo de agua. La idea es particularmente clara en muchos países del mundo, incluso aquellos que se consideran países en desarrollo (González del Tánago & García de Jalón, 2007).

Establecer la concentración de arsénico en términos de salud y calidad del agua, por la razón de que la comunidad aquí no ha bebido el agua de calidad durante mucho tiempo. Es posible establecer un programa de prevención integrado en la zona del Río Chili de

Arequipa, Perú, basado en los resultados más recientes del estudio sobre el agua y la salud que se puede establecer y la información apropiada se recibe de la población en la Comunidad. Así que sería analizar los resultados obtenidos en este estudio a la luz de una concentración de 10 µg/L. A partir de los resultados obtenidos se establecerán recomendaciones preventivas y/o correctivas para la salud poblacional.

A **nivel local** en el río Chili, Arequipa, los residuos sólidos son vertidos en el agua la cual se fragmenta a llegar al punto de medir 5mm el proyecto quiere dar a conocer la presencia de microplásticos, la ingesta de microplásticos y arsénico ocasiona enfermedades futuras ya sea por ingerir animales acuáticos peces o mariscos. Se da a conocer que los microplásticos y arsénico se encuentran en la flora y fauna ya que nuestro río Chili este aledaño a las chacras la cual los ciudadanos consumimos dichos vegetales, aparte los residuos vertidos al río chili pueden ser tóxicos en lo que el nanotubo de carbono ayudaría en esta situación.

Por lo expuesto, existe nueva información sobre los efectos de salud a largo plazo del arsénico, también revelará el mecanismo relevante que brinda esta coloración / problema en el sistema de agua y en la salud de los ciudadanos, principalmente asociado a la evaluación de los nanotubos de carbono para remover los microplásticos y arsénico del agua del río Chili, Arequipa 2022, La eliminación de los contaminantes ambientales del río evitará la aparición de enfermedades entre los ciudadanos, para poder gestionar el peligro a una población completa que actualmente están siendo expuestos al arsénico inorgánico que se declara una sustancia extremadamente tóxica para los humanos por la OMS, principalmente en el entorno de hígado, riñones, estomago, músculos, huesos y piel (Allan Smith, 2008).

En la presente investigación se presente exponer el siguiente problema general, ¿Cómo usar los nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa 2022? Así mismo, se formularon los siguientes problemas específicos Problema Específico N°1 ¿Cuáles son las características físico-químicas pre y post tratamiento del agua del río Chili, Arequipa 2022? Problema Específico N°2. ¿Cuáles son las características color, tamaño del microplástico en el agua del río Chili, Arequipa 2022? Específico N°3. ¿Cuáles son las características físico-químicas del filtro del

nanotubo de carbono? Específico N° 4. ¿Cuál será la efectividad del nanotubo de carbono para remover microplásticos y arsénico de agua del río Chili, Arequipa 2022?

La presente investigación se evaluará con los nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y arsénico, la investigación se justifica en lo siguiente: en la **justificación ambiental** se realiza para hacer un cambio en lo ambiental que se reduzca las toneladas de plástico que se arrojan al año, a los océanos, ríos y así evitar la degradación de los plásticos que poco a poco se convierte en microplásticos, también la información de las concentraciones de los metales pesados encontrados en los sedimentos del río Chili.

La **justificación económica**, el agua es uno de los recursos más interesantes y vulnerables para su uso. Es por eso que cuando hablamos de agua y su uso, lo hacemos en función de los recursos hídricos como principales factores que afectan la cantidad de agua que tenemos. El concepto de oferta y demanda de agua se puede aplicar en diferentes niveles e incluye el nivel estatal para proporcionar información para el uso de los recursos hídricos en un estado, por ejemplo, la identificación de áreas que requieren más información, que generalmente son de mayor o menor calidad y, por lo tanto, más accesibles o difíciles de adquirir. Este nivel de análisis proporciona información sobre la distribución de todos los componentes principales del agua (superficie de superficie, tierra y subterránea) y sobre la cantidad y calidad de los recursos de aguas subterráneas. Nivel de la comunidad que, en este caso, la determinación de las áreas que necesitan más agua se basa en el concepto de demanda y capacidad. Esto puede involucrar a diferentes usos y usuarios al mismo tiempo (residentes y tierras agrícolas, industria, etc.), Nivel de los hogares, este es el caso del agua potable, donde se lleva a cabo un análisis de la oferta y la demanda, basándose en la presencia de algún agua potable en la cadena de suministro y de la capacidad de cada hogar para hacer consumo y Nivel del sector donde se tienen en cuenta todos los sectores que usan el agua (incluidas las industrias, los servicios urbanos, la generación de energía, la acuicultura y la minería) en una región, incluida la carga total de cada uno de ellos y la proporción de Agua tratada en el consumo total de agua en la región (Zegarra E., 2014). En el proceso físico químico de los nanotubos de carbono busca reducir los microplásticos y arsénico que son ingeridos por los seres humanos es una inversión accesible y práctica, así evitar enfermedades futuras. La

justificación social, El acceso al agua también es un derecho básico de la población, al ser esta esencial para la vida y la salud. Ampliaciones y mejoras en los sistemas de agua y saneamiento tienen efectos muy importantes en la calidad de vida de las personas, ayudará a la salud pública ya que los microplásticos y arsénico que pueden ser ingeridos por el ser humano. El nivel **teórico**, la eficaz y rápida manera de analizar el tratamiento con el nanotubo de carbono en el río Chili Arequipa 2022 en el estudio de la morfología de los nanotubos de carbono o la detección de partículas metálicas incorporadas a los nanotubos de carbono. El nivel **metodológico**, para el estudio de microplásticos y arsénico, con nanotubos de carbono es un tratamiento tanto para microorganismos que se encuentran en el río Chili Arequipa, llegaría hacer una nanotecnología para el tratamiento al agua, como al río Chili, Arequipa 2022.

Por lo mencionado se propone el siguiente objetivo general, Evaluar el uso de los nanotubos de carbono para la remoción de los microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa 2022. Objetivos específicos, Objetivo N°1 Identificar las características físico-químicas pre y post tratamiento del agua del río Chili, Arequipa 2022. Objetivo N° 2 Identificar las características, color y tamaño del microplástico en el agua del río Chili, Arequipa 2022. Objetivo N°3 Identificar las características del filtro del nanotubo de carbono. Objetivo N°4 Evaluar nanotubo de carbono para la remoción del microplástico y arsénico en el agua del río Chili, Arequipa 2022.

Concluyendo el proyecto de investigación se presenta la siguiente **hipótesis general**, Debido a la contaminación producida en el agua del río chili se espera que el uso de los nanotubos puedan reducir la concentración de microplásticos y arsénico en el río Chili Arequipa, 2022. y la **hipótesis Específicas**: Hipótesis N°1. Las características físico-químicas identificados en el pre tratamiento como el pH, temperatura, sólidos disueltos (microplásticos), metales pesados (arsénico) pueden mejorar a través del post tratamiento del agua del río Chili, Arequipa 2022. Hipótesis N°2. Es probable que las características identificadas en el agua del río chili son los Microplásticos del color blanco, transparente y de tamaños no menores de 1mm y no mayores de 5mm. Objetivo N°3. Las características del filtro del nanotubo de carbono es la estructura fonónica, grafito, atracción electropositiva y carbón activado. Hipótesis N°4. Es probable que el uso de nanotubo de carbono tenga una efectividad del 99% para la remoción del microplástico y arsénico del agua del río Chili, Arequipa 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Para que la información tenga sustento se revisaron las siguientes investigaciones nacionales como internacionales.

Adrian Covaci (2021) en su investigación “Plasticenta: First evidence of microplásticos in human placenta” tuvo como objetivo evaluar los microplásticos que están en el medio ambiente, llegan a estar en las placentas humanas). En lo metodológico fue aplicativo y diseño experimental, ya se estudiaron las placentas humanas en mujeres embarazadas, y sus resultados fueron los siguientes, 12 fragmentos de microplástico (que oscilan entre 5 y 10 μm de tamaño), con forma esférica o irregular se encontraron en 4 placentas (5 en el lado fetal, 4 en en el lado materno y 3 en las membranas corioamnióticas); todas las partículas de microplásticos se caracterizaron en términos de morfología y composición química.

En este punto, se debe hablar sobre la presencia de plásticos dentro de la placenta, posiblemente asociado a la ingesta de comida con estos materiales que no forman parte de la lista oficial de productos químicos regulados y no se pueden determinar en el sector industrial.

Sainio, Lehtiniemie y Setälä (2021) en su investigación “Ingesta de microplásticos por animales acuáticos en el mar Báltico” tuvo como objetivo estudiar por que la ingesta de microplásticos recurrirá más en la zona en la que se encuentran los peces. En lo metodológico fue aplicativo, diseño experimental porque se realizó el análisis de los pescados, mariscos. En conclusión, eso significa que es menor los peces, mariscos, etc. de alta mar no se encuentra la ingesta de microplásticos, entonces la densidad se ubicó en peces que habitan en zonas costeras donde cabe resaltar que son los que mayor ingesta de microplásticos.

Silva Cavalcanti et al. (2017) Pegado et al. (2018) Andrade et al. (2019) Urbanski et al. (2020), en su investigación titulada “ Uno de los primeros registros de consumo de microplásticos por un pez que es comercial en la ciudad de Iquitos, Amazonía peruana” tuvo por objetivo evaluar si hay ingesta en los pescados en la ciudad de Iquitos, Amazonía. En lo metodología es aplicativo porque hicieron la evaluación de los peces. En conclusión, la ingestión pudo deberse a la absorción accidental

durante la búsqueda de alimento, se alimenta de detritos orgánicos, microorganismos y materia orgánica en descomposición, generalmente depositados en el fondo de los ríos.

Sánchez (2018), en su investigación “Evaluación de la presencia de microplásticos en peces comerciales, agua y sedimento del estuario de Tecolutla, Veracruz”, cuyo objetivo fue la caracterización de partículas de microplásticos en peces que son potencialmente comerciales. Su metodología fue aplicativo, diseño experimental porque extrajeron muestras en distintos periodos durante dos años en el cual analizaron el tejido blando de los peces para poder extraer partículas por medio de la flotabilidad encontrándose más de 800 partículas comprendidas entre los tamaños: 40-4180 μm , los resultados que se obtuvieron fueron los colores que obtuvieron de dicha muestra fueron el azul, negro y rojo, como conclusión de este trabajo se muestra que los microplásticos están presentes en todas las estaciones del agua tanto en organismos como en agua.

Optiz (2017), en su investigación “Evaluación de los efectos de la contaminación con microplástico, en el balance energético del recurso pesquero *Choromytilus chorus*” cuyo objetivo estuvo enfocado en el balance energético que produce la ingesta de microplásticos en esta especie. Su metodología fue aplicativo, descriptivo ya que sus muestras fueron recolectadas en Chile porque tuvieron que analizar en el agua los efectos de los microplásticos. Sus resultados fueron que la ingesta no presenta efectos negativos en la supervivencia de estos, pero en algunas de las especies donde la concentración era mayor se observó la disminución del tamaño de estas. En conclusión y como aporte, que algunas especies marítimas ingieren más microplásticos que otros peces, como aporte analizar en distintos puntos del mar, para una respuesta más concreta.

Purca y Henostroza (2017) según su investigación “Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú”, como objetivo es presentar el número y peso por metro cuadrado de fragmentos de microplásticos presentes en cuatro playas

arenosas de la costa peruana. En lo metodológico es aplicativo – experimental, ya que se hicieron análisis en lo que se analizó la presencia de microplásticos en 4 playas de arena tomando como base sus características físicas, encontrando presencia de un 80% de los mismos que corresponden a plásticos mayores a 1mm, con lo cual hacen referencia a la gran cantidad de estas partículas que llegan al medio marino, ya que son muchos factores meteorológicos y actividades antropogénicas los que hacen posible su distribución a través de diversas playas, en este caso las playas estudiadas presentaban actividades como el turismo. Los resultados fueron colectados entre junio de 2014 y mayo 2015. Fragmentos de plástico duro mayores a 1 mm fueron encontrados en más del 80% de las muestras de las cuatro playas. La playa Costa Azul (~ 12°S) presentó 522 fragmentos por metro cuadrado (items/m²) de microplásticos, de los cuales, 463.33 items/m² y 2.6 g/m² fueron plásticos duros. En conclusión, Ello constituye evidencia de la presencia de microplásticos con énfasis en la forma y disponibilidad para animales de ese ecosistema (Imhof et al, 2012, Cole et al, 2013).

Tintoré (2016) en su investigación: “Abundancia y distribución de microplásticos y posibles impactos sobre el rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en las costas del Garraf” que tuvo como objetivos determinar las características y distribución de los microplásticos donde las muestras fueron analizadas por una lupa estetoscopica llegando a distinguir más de 400 tipos de partículas que pertenecían a contenedores de color azul o negro llegando a la conclusión de que hay un gran probabilidad que esta especie este alimentándose por estos microplásticos.

Roy (2008) en su investigación “Degradación de polietileno convencional y oxidegradable de alta densidad en entornos tropicales acuáticos y exteriores” indicó que se estima que cada año 500 mil millones a 1 billón Las bolsas de plástico se consumen en el mundo. Sin embargo, estos materiales también se han convertido en un problema debido a su ciclo de vida, ya que se usan en aplicaciones de corta vida y, a veces, se eliminan de ambientes acuáticos contaminantes inadecuados.

C.A. Arias-Villamizar y A. Vázquez-Morillas (2007) en su investigación “Degradation of conventional and oxodegradable high density polyethylene in tropical aqueous

and outdoor environments” Su degradación durante seis meses fue evaluada por la formación de grupos carbonilo, disminución del alargamiento a la rotura y evidencia visual de deterioro. Encontramos una degradación más rápida para exteriores, seguida de condiciones marinas y de agua dulce, lo que demuestra que los rayos UV y la temperatura son los impulsores más relevantes de la degradación, especialmente para los plásticos oxodegradables, como lo demuestra la mayor tasa de degradación del carbonilo. Como objetivo nos indica, que las condiciones marinas y de agua dulce, lo que demuestra que los rayos UV y la temperatura son los impulsores más relevantes de la degradación. En lo metodológico fue aplicativo del diseño de investigación descriptivo por lo que nos describe cómo se degradan los microplásticos. En conclusión, se da a conocer que los microplásticos tienen mayor degradación en los ríos, mares, etc.

Erikson y Burton (2003) en la basura de fragmentos netos y en la 'pesca fantasma' por abandono artes en los bentos (Bullimore et al., 2001; Tschernijand Larsson, 2003). La ingestión de plásticos por las aves (Mallory, 2008; Cadee, 2002) y las tortugas (Mascarenhas et al., 2004; Bugoni y Krause, 2001; Tomas y Guitart, 2002) “está ampliamente documentada en todo el mundo y se conoce al menos el 44% de las especies de aves marinas”.

Jaramillo Pineda (2003), en su investigación” Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución” la mala dispositivos de residuos genera deterioro en el medio ambiente”, tuvo como objetivo investigar donde son vertidos los residuos sólidos. En lo metodológico, es descriptiva porque nos describe que causan impactos ambientales directos, esto se da por que se realizan vertimiento de basuras a ríos, canales y arroyos, así como la descarga del líquido percolado o lixiviado, producto de la descomposición de los desechos en los botaderos a cielo abierto o cuando se depositan en lugares inapropiados. En conclusión, la descarga de basura a las corrientes de agua incrementa la carga orgánica que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutrofización causando la muerte de peces, genera malos olores y deteriora la belleza natural.

Baughman (2002) en su investigación “Nanotubos de carbono y nanotecnología”, afirma que el descubrimiento de los nanotubos de carbono (NTC) ha surgido del planteamiento de nuevas tecnologías antes no producidas con las ingenierías debido que sus propiedades son mecánicas, extraordinarias y eléctricas, lo que se logró fue explorar el uso potencial de diversas áreas.

Derraik (2002) Page y McKenzie (2004) Arthur (2009) afirma que este interés ha culminado en definir el tema como un “área de investigación de alta prioridad en Biología Marina”. Una preocupación particular es la aparición de pedazos más pequeños de desechos plásticos, incluidos los que no son visibles a simple vista, denominados microplásticos, en los océanos del mundo, como objetivo fue que esta revisión intenta abordar el destino de los plásticos en el medio marino, los mecanismos por los cuales los microplásticos se derivan de los desechos marinos y los posibles impactos ecológicos de los microplásticos.

Clapham (1999) Laist (1997) “En las décadas siguientes, con la acumulación de datos sobre las consecuencias ecológicas de tales escombros, el tema recibió un interés creciente por la investigación. La mayoría de los estudios se han centrado en el enredo de los mamíferos marinos”.

Los MP se producen de forma intencionada, como gránulos vírgenes o plásticos de preproducción, microesferas de productos cosméticos, abrasivos utilizados en chorro de aire/agua para limpieza y como polvos para moldeo por inyección, medicamentos o tinta para impresoras 3D. Los medios no intencionales de producir MP incluyen la fragmentación de productos macroplásticos por exposición a la luz solar, acción mecánica, interacción con animales o biosólidos y efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Estos PM luego ingresan a océanos, ríos y lagos. Los MP absorben una diversa variedad de contaminantes orgánicos persistentes y metales pesados del medio ambiente y, al mismo tiempo, pueden desorber plastificantes u otros aditivos que se incorporaron en los productos plásticos. Sin embargo, aún se desconoce en qué medida y en qué concentración los MP pueden ser una fuente de estos compuestos tóxicos para los organismos en

los sistemas de agua dulce. Los MP pueden confundirse con alimentos naturales y pueden ser ingeridos por organismos como peces, mejillones y aves.

Wang (2018) The control of microplastic pollution, source control is the most direct and effective method. For primary microplastics, many developed countries such as the United States, Canada, the Netherlands and New Zealand have issued relevant laws and regulations banning the use of microplastics in personal care products.

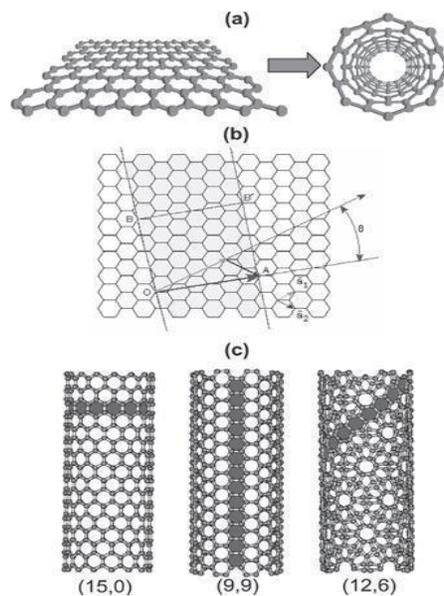
Issues (2001) con su investigación "Investigation into the deformation of carbon nanotubes and their composites through the use of Raman spectroscopy" con el objetivo de estudiar los nanotubos de carbón mediante espectroscopía Raman. En lo metodológico aplicativo y diseño experimental se usaron dos métodos diferentes (láser pulsado y descarga de arco) y los MWCNT se han utilizado como refuerzo para un nano compuesto de matriz polimérica. En conclusión, los nanotubos de carbono presentan picos Raman bien definidos y se ha utilizado la espectroscopia Raman para seguir su deformación. Los SWNT se deformaron con presión hidrostática en una celda de presión de yunque de diamante y se descubrió que la posición del pico G 'se desplaza a un número de onda más alto con compresión hidrostática. Se ha encontrado que, para todas las muestras de nano compuesto deformadas, la banda G' Raman cambia a un número de onda más bajo al aplicar una tensión de tracción que indica la transferencia de tensión de la matriz a los nanotubos y, por lo tanto, el refuerzo de los nanotubos.

Algunos conceptos de los Nanotubo y su significado: El término nanotubo se aplica a nanoestructuras de extremo abierto que tienen las características estructurales de los cilindros pequeños. Las propiedades eléctricas y mecánicas de los nanotubos pueden ser, en ciertos casos, radicalmente diferentes de los de los tubos más grandes o a granel. El diámetro de los nanotubos es típicamente lo suficientemente pequeño como para requerir instrumentos de análisis especiales para medir su tamaño. Su diámetro puede estar entre 0,4 nanómetros y varios cientos de nanómetros. Debido a su pequeño tamaño, pueden fabricarse en grandes cantidades a gran escala y, por lo tanto, pueden ser interesantes comercialmente para una amplia gama de aplicaciones. Aquí, el diámetro se define

como el diámetro de una bola hipotética con el mismo volumen. Como tal, un nanotubo individual con su diámetro de 1 nanómetro tiene un diámetro de aproximadamente 2.5 micrómetros.

Los nanotubos de carbono y su significado el nanotubo de carbono está compuesto por una o varias capas cilíndricas concéntricas de átomos de carbono, cada capa se une a la capa adyacente por un enlace covalente llamado un fuerte enlace SP². Para formar un nanotubo, se deben construir varios tubos desde la parte inferior de las capas hasta la parte superior. El número de capas y su disposición se decide de acuerdo con las propiedades eléctricas y mecánicas deseadas.

En general, la estructura del nanotubo se puede esquematizar como un cilindro de aproximadamente 10,000 átomos de carbono que forman un cilindro sólido cuya longitud es mucho mayor que su diámetro. El nanotubo generalmente se forma como un microtubo que contiene 10 a 200 átomos de carbono Lijma (1991). Figura 1.



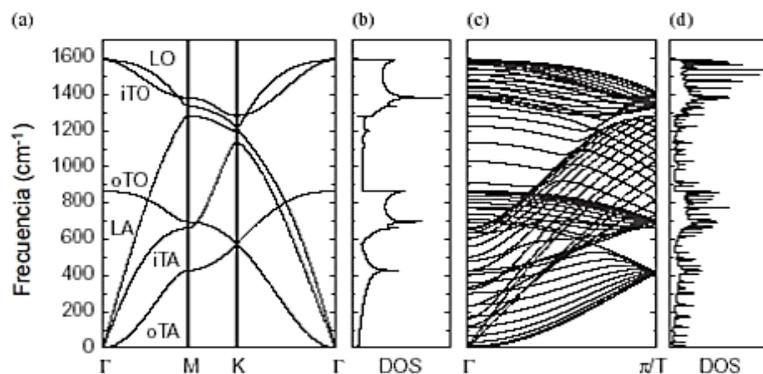
Fuente: Definición de los nanotubos de carbono

Figura 1. Diagrama que ilustra cómo se forma un nanotubo de carbono de la hoja de grafito.

Estructura fonónica: En la estructura fonónica de los nanotubos de carbono (NTCs), mostramos en qué quiralidad tienen los bandgaps fonónicos los NTCs y su dependencia de los diámetros de los NTCs. Encontramos que, aunque la regla

donde los NTC tienen bandas prohibidas fonónicas es la misma que en el caso de la estructura electrónica, la dependencia del diámetro es diferente.

Recientemente, las bandas prohibidas fonónicas atraen mucha atención. Las estructuras de bandas de los NTC muestran la aparición y desaparición de bandas prohibidas al nivel de Fermi según el diámetro y la quiralidad. En consecuencia, las propiedades de transporte de los NTC cambian de metálicas a semiconductoras según la magnitud de las bandas prohibidas. La aparición de bandas prohibidas en las estructuras electrónicas puede explicarse en vista de los estados electrónicos del grafeno bidimensional (2D). Si bien las bandas prohibidas en los estados electrónicos de los NTC son bien conocidas, las de las estructuras de bandas fonónicas no se entienden claramente. Aquí, nos enfocamos en el problema de la banda prohibida fonónica de los NTC. Así como se detalla en la Figura 2.



Fuente: Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Postgrado en Física de la Materia Condensada, Mérida (2008)

Figura 2. Dispersión de fonones (a) y densidad de estados fonónicos (b) del grafito 2d

Propiedades de los nanotubos: Los nanotubos suelen presentar conductividad eléctrica, fuerza y elasticidad, conductividad térmica y expansión, emisión de electrones, relación de aspecto. (Alcca, 2005).

Propiedades eléctricas: Los nanotubos generan interés práctico considerable en su conductividad. Los NTC con combinaciones particulares de N y M (parámetros estructurales que indican cuánto se retuerce el nanotubo) pueden ser altamente conductores y, por lo tanto, se puede decir que son metálicos. Se ha demostrado

que su conductividad es función de su ruralidad (grado de torsión), así como de su diámetro. Los NTC pueden ser metálicos o semiconductores en su comportamiento eléctrico (Alcca, 2005).

La conductividad en los MWNT es bastante compleja. Algunos tipos de NTC con estructura de "sillón" parecen conducir mejor que otros NTC metálicos. Además, se ha descubierto que las reacciones entre paredes dentro de los MWNT redistribuyen la corriente sobre los tubos individuales de manera no uniforme. Sin embargo, no hay cambios en la corriente a través de las diferentes partes de los NTC metálicos de pared simple. Sin embargo, el comportamiento de los cables de SWNT semiconductores es diferente, ya que la corriente de transporte cambia abruptamente en varias posiciones de los NTC (Alcca, 2005).

La conductividad y la resistividad de las cuerdas de los SWNT se han medido colocando electrodos en diferentes partes de los NTC. La resistividad de las cuerdas SWNT fue del orden de 10^{-4} ohm-cm a 27°C. Esto significa que las cuerdas SWNT son las fibras de carbono más conductoras que se conocen. La densidad de corriente que fue posible lograr fue de 107 A/cm²; sin embargo, en teoría, los cables SWNT deberían poder soportar densidades de corriente estables mucho más altas, de hasta 10¹³ A/cm² (Alcca, 2005).

Se ha informado que los SWNT individuales contienen defectos. Afortunadamente, estos defectos permiten que los SWNT actúen como transistores. Del mismo modo, la unión de NTC puede formar dispositivos similares a transistores. Un nanotubo con unión natural (donde una sección metálica recta se une a una sección semiconductor quiral) se comporta como un diodo rectificador, es decir, un medio transistor en una sola molécula. También se informó recientemente que los SWNT pueden enrutar señales eléctricas a altas velocidades (hasta 10 GHz) cuando se usan como interconexiones en dispositivos semiconductores, (Collins y Avouris, 2000). En la Figura 3 se muestra el nanotubo de carbono.



Fuente: Stefan Judex (2013)

Figura 3. Partes del nanotubo de carbono.

Propiedades químicas: Debido a su estrecha relación con el grafito, los nanotubos de carbono son inertes químicamente. Las reacciones químicas que implican la formación de enlaces covalentes o iónicos fuertes en nanotubos de carbono sin modificación química, se producen preferentemente cerca de sitios en los cuales existen defectos estructurales, y cerca de los extremos del nanotubo. (Jorio, A., 2008) La hidrofobicidad intrínseca de los nanotubos de carbono se puede modificar por agentes tensoactivos, que se utilizan con frecuencia para dispersar los nanotubos. La pequeña dependencia de la reactividad de nanotubos en sus propiedades conductoras se ha usado con cierto éxito en la separación de nanotubos metálico y semiconductores. La funcionalización de los nanotubos de carbono para aplicaciones específicas es un área de gran crecimiento en la actualidad. El dopaje es una de las rutas de modificación química de los nanotubos que se ha adoptado a partir de resultados teóricos que muestran los cambios electrónicos a partir del dopaje sustitucional en el plano del nanotubo. Por sustitución (en el plano) no sólo cambia la reactividad química, sino también sus propiedades mecánicas, térmicas y transporte. Esta es una ruta prometedora para abarcar diversos campos de aplicación, en la actualidad se requiere de nuevos desarrollos tanto en los enfoques de síntesis como en los métodos de caracterización.

Propiedades electrónicas: Los nanotubos de carbono, además de ser tremendamente resistentes, poseen propiedades eléctricas interesantes. Una capa de grafito es un semi-metal. Esto quiere decir que tiene propiedades intermedias entre semiconductores (como la silicona en microchips de ordenador, cuando los electrones se muevan con restricciones) y metales (como el cobre utilizado en cables cuando los electrones se mueven sin restricción). Cuando se enrolla una capa de grafito en un nanotubo, además de tener que alinearse los átomos de carbono alrededor de la circunferencia del tubo, también las funciones de onda estilo mecánica cuántica de los electrones deben también ajustarse. Este ajuste restringe las clases de función de onda que puedan tener los electrones, lo que a su vez afecta el movimiento de éstos. Dependiendo de la forma exacta en la que se enrolla, el nanotubo pueda ser un semiconductor o un metal.

Se ha observado que los nanotubos de carbono tienen características electrónicas excepcionales. Debido a que las propiedades de los nanotubos de pared múltiple son muy similares a las de pared única en este apartado únicamente se tratará acerca de las características de estos últimos. (Herbst, M. 2004)

Las propiedades electrónicas dependen mayoritariamente de los índices de Hamada, si estos índices son múltiplos de 3 el nanotubo se considera metálico caso contrario es un semiconductor. Todos los nanotubos de tipo "armchair" son metálicos, mientras que los nanotubos tipo zigzag y quirales pueden ser metálicos o semiconductores. En los nanotubos de tipo metálico el transporte de electrones es inmediato, lo que posibilita el transporte de corrientes a través de grandes distancias sin producir calentamiento en la estructura. (Herbst, M. et al. 2004)

Diferentes tipos de nanotubos pueden ser creados mediante la unión de dos tipos de los mencionados anteriormente, formando así uniones metal-semiconductor, semiconductor-semiconductor o metal-metal. Se ha observado experimentalmente que la unión metal-semiconductor se comporta como un rectificador de corriente eléctrica debido a las anomalías de la unión. Una característica importante de la unión metal-metal es que esta, dependiendo del arreglo de nanotubos que se conecten para formarla, en ciertas circunstancias permite el paso de electrones mientras que en otras bloquea totalmente el paso de los mismos, esto posibilita el uso de estos materiales como nanointerruptores. (Dresselhaus, M. y Endo, 2001)

Los nanotubos se caracterizan por presentar una gran complejidad electrónica, si tenemos en cuenta las reglas cuánticas que rigen la conductividad eléctrica con el tamaño y la geometría de éstos. Estas estructuras pueden exhibir, desde un punto de vista eléctrico, un amplio margen de comportamiento, comenzando por el comportamiento semiconductor hasta presentar, en algunos casos, una elevada conductividad (Saito, M. et al. 2004).

Éstas propiedades dependen del diámetro, quiralidad y el número de capas que tengan los nanotubos de carbono (Chico, V., 1996), por lo que, existen numerosos cálculos teóricos que demuestran que las propiedades electrónicas de los nanotubos de carbono son muy sensibles a las diferentes estructuras geométricas.

Las características electrónicas únicas de los nanotubos de carbono, se deben al confinamiento del quantum de los electrones normales al eje del nanotubo, poseen dos niveles disponibles para que los electrones se propaguen dentro de ellos, por lo que transportan electrones (Avouris, 2002)

Los SWCNTs son materiales excepcionales ya que pueden presentar características metálicas o semiconductoras. Así, por ejemplo, existen nanotubos rectos (armchair y zigzag) en los que las disposiciones hexagonales en las partes extremas del tubo, son siempre paralelas al eje. En el caso de los nanotubos quirales, los hexágonos tienen un cierto ángulo con respecto al eje del tubo y este tipo de conformación dificulta el paso de los electrones a los estados o bandas de conducción, por lo que, aproximadamente, tan sólo un tercio de los nanotubos presenta conductividad apreciable en función del ángulo de torsión. De acuerdo con la siguiente regla: los SWCNTs (n, n) y (n, m) son metales con la siguiente condición:

$$n - m = 3j$$

Donde j es un número entero no nulo, esto indica que la diferencia de n y m , debe ser múltiplo de 3, en caso contrario el SWCNT será semiconductor

Estrictamente todos los que cumplen con la ecuación anterior, deben ser metales, pero debido a la curvatura del tubo, un hueco se abre en las bandas cuando $j = 0$, los tubos (n,n) , los nanotubos del tipo armchair, siempre poseen un carácter metálico, independiente de su curvatura debido a su simetría .

Hay que destacar que los nanotubos con elevada conductividad se podrían utilizar para el estudio de efectos cuánticos fundamentales en una dimensión, así como para la búsqueda de aplicaciones prácticas en la informática cuántica molecular. Esto es debido a que pueden actuar como “conductores cuánticos”, es decir, si se representa el voltaje, o diferencia de potencial frente a la intensidad de corriente no se obtiene una línea recta, sino escalonada. En cuanto a la capacidad para transportar corriente, se sabe que los nanotubos de carbono pueden llegar a cantidades de, aproximadamente, mil millones de A/cm², mientras que los hilos de cobre convencionales se funden al llegar a densidades de corriente del orden del millón de A/cm². Conviene precisar que todas estas propiedades no dependen de la longitud del nanotubo, a diferencia de lo que ocurre en los metales.

Propiedades mecánicas: Las propiedades mecánicas de los nanotubos de carbono también son sorprendentes. La dureza del plano grafeno les confiere la capacidad de ser las fibras más resistentes que podamos fabricar hoy día. Por otro lado, frente a esfuerzos de deformación muy intensos, son capaces de deformarse notablemente y de mantenerse en un régimen elástico. En otras palabras, pueden funcionar como resortes extremadamente firmes para pequeños esfuerzos y frente a cargas mayores pueden deformarse drásticamente y retomar posteriormente su forma original.

Muchas otras propiedades que se investigan en la actualidad junto con las aquí mencionadas hacen de los nanotubos de carbono un material prometedor, que se ubica entre la ciencia y la ciencia ficción en cuanto a las posibilidades que brinda para mejorar algunos aspectos de la tecnología actual y para explorar nuevas aplicaciones ligadas a su carácter cuántico, aún insospechadas.

La unión carbono-carbono en una capa de grafeno es la unión química más fuerte conocida en la naturaleza, por lo que se espera que las características mecánicas de los nanotubos tengan un gran potencial en las diferentes aplicaciones, en el aumento del esfuerzo de materiales compuestos. Algunos de los parámetros importantes que caracterizan las propiedades mecánicas de los nanotubos de carbono incluyen sus constantes elásticas, su módulo de Young, la proporción de

Poisson, la dureza, la resistencia a la tensión y compresión (Bernholc, D. Brenner, M. Buongiorno, V. Meunier, C. Roland, 2002)

El módulo de Young, está directamente relacionado a la cohesión de un sólido y por consiguiente, a la vinculación química de los átomos que lo constituyen, por lo que se relaciona con la fuerza de atadura sp^2 .

Los cálculos para el módulo de Young de un nanotubo de carbono tipo SWCNT, no dependen mucho del diámetro del nanotubo o de la quiralidad y su valor podría llegar a oscilar entre 1.3 y 1.8 terapascales (Schewe, B., 1996). Este dato implica que un cable de 1 cm² de grosor formado por nanotubos podría aguantar un peso de unas 1500 toneladas. Por comparación, un cable equivalente del mejor acero conocido puede soportar 20 toneladas

La teoría y los experimentos han encontrado que el módulo de Young, es por lo menos tan alto como el grafito y puede llegar a ser superior para SWCNT con diámetros pequeños. Para los MWCNT disminuye un poco al aumentar el diámetro (Forró, J. et al. 2002)

Salvetat et al. (1999) muestra en sus experimentos que el módulo de Young para un MWCNT, es dependiente en el grado de orden dentro de las paredes del tubo, disminuyendo con el aumento del desorden, aunque el desorden es difícil de cuantificar.

Por otro lado, fuerzas de deformación intensas provocan la deformación notable de los nanotubos los cuales se mantienen en un régimen elástico. En otros términos, los nanotubos resisten fuerzas de gran magnitud deformándose drásticamente para volver posteriormente a su forma original tras usar el esfuerzo (Dekker, 1999)

Las simulaciones desarrolladas con dinámicas moleculares clásicas a altas temperaturas, han encontrado el mecanismo con que los nanotubos de carbono, descargan las tensiones producidas, es por medio de una formación espontánea de defectos en su topología. Los defectos en su topología corresponde a la formación de una rotación de 90° en un enlace carbono-carbono sobre su centro, denominado Stone Wales (piedra Wales) que produce dos pentágonos y dos heptágonos acoplados en los pares (5-7-7-5) (Charlier, T., 1996)

Propiedades generales de los nanotubos de carbono

Collins, P y Arnold M. (2001)

Propiedades	CNT	Comparación
Diámetro	0,4-5nm	La litografía de haz electrónico puede crear líneas de 50nm de ancho
Densidad	1,33-1,40g·cm ⁻³	El aluminio tiene una densidad de 2,7g·cm ⁻³ .
Fuerza de tensión	45·10 ¹² Pa	Las aleaciones de acero de alta resistencia se quiebran cuando se les aplica una fuerza de ~2·10 ¹² Pa.
Resistencia	Pueden ser doblados en ángulos grandes y volver a su estado normal sin sufrir daño.	Los metales y las fibras de carbono se fracturan cuando se someten a esfuerzos similares.
Transmisión de calor	Se predice ser tan alto como 6000W·m ⁻¹ ·°K ⁻¹ , a temperatura ambiente.	El diamante puro permite 3320W·m ⁻¹ ·°K ⁻¹ .
Estabilidad a la temperatura.	Estable a >2800°C en vacío y a >750°C en aire.	Los cables en microchips se derriten entre 600 y 1,000°C.
Costos	1g NTC cuesta 0,15USD	1g Au cuesta 10 USD

Fuerza y elasticidad: Los átomos de carbono de una sola hoja de grafito (grafeno) forman una red de panal plana, en la que cada átomo está conectado a través de un fuerte enlace químico con tres átomos vecinos. Debido a estos fuertes enlaces, el módulo elástico del grafito en el plano basal es uno de los más grandes de cualquier material conocido.

Por esta razón, se espera que los NTC sean las últimas fibras de alta resistencia. Los SWNT son más rígidos que el acero y son muy resistentes al daño causado por fuerzas físicas. Presionar la punta de un nanotubo hará que se doble, pero sin dañar la punta. Cuando se elimina la fuerza, la punta vuelve a su estado original. Esta propiedad hace que los NTC sean muy útiles como puntas de sonda para microscopía de sonda de barrido de muy alta resolución (Alcca, 2005).

Cuantificar estos efectos ha sido bastante difícil y no se ha acordado un valor numérico exacto. Usando un microscopio de fuerza atómica (AFM), los extremos no anclados de un nanotubo independiente se pueden empujar fuera de su posición de equilibrio y se puede medir la fuerza requerida para empujar el nanotubo. El valor actual del módulo de Young de los SWNT es de aproximadamente 1 TeraPascal, pero este valor ha sido discutido y se ha informado un valor de hasta 1,8 Tpa. También se han informado otros valores significativamente más altos que ese.

Las diferencias probablemente surgen a través de diferentes técnicas de medición experimental. Otros han demostrado teóricamente que el módulo de Young depende del tamaño y la quiralidad de los SWNT, que van desde 1,22 Tpa a 1,26 Tpa. Han calculado un valor de 1,09 Tpa para un nanotubo genérico. Sin embargo, cuando se trabaja con diferentes MWNT, otros han notado que las mediciones del módulo de los MWNT que utilizan técnicas AFM no dependen en gran medida del diámetro. En cambio, argumentan que el módulo de los MWNT se correlaciona con la cantidad de desorden en las paredes de los nanotubos. No es sorprendente que cuando se rompen los MWNT, las capas más externas se rompan primero.

Conductividad térmica y expansión: Una nueva investigación de la Universidad de Pensilvania indica que los NTC pueden ser el mejor material conductor del calor que el hombre haya conocido. Incluso se ha demostrado que los SWNT ultra pequeños exhiben superconductividad por debajo de 20oK. La investigación sugiere que estos hilos exóticos, ya anunciados por su fuerza sin igual y su capacidad única para adoptar las propiedades eléctricas de los semiconductores o los metales perfectos, algún día también pueden encontrar aplicaciones como conductos de calor en miniatura en una gran cantidad de dispositivos y materiales (Alcca, 2005).

Los fuertes enlaces C-C gráficos en el plano los hacen excepcionalmente fuertes y rígidos contra las deformaciones axiales. La expansión térmica casi nula en el plano, pero la gran expansión entre planos de los SWNT implica un fuerte acoplamiento en el plano y una alta flexibilidad contra las tensiones no axiales. Se han propuesto muchas aplicaciones de NTC, como en electrónica molecular a nanoescala, dispositivos de detección y activación, o como fibras aditivas de refuerzo en materiales compuestos funcionales (Alcca, 2005).

También han aparecido informes de varios experimentos recientes sobre la preparación y caracterización mecánica de compuestos de polímeros NTC. Estas medidas sugieren mejoras modestas en las características de resistencia de las matrices integradas en NTC en comparación con las matrices de polímero desnudo. Los experimentos preliminares y los estudios de simulación sobre las propiedades térmicas de los NTC muestran una conductividad térmica muy alta. Se espera, por tanto, que los refuerzos de nanotubos en materiales poliméricos también puedan mejorar significativamente las propiedades térmicas y termomecánicas de los compuestos, así como se detalla en la Tabla1.

Línea de tiempo de los nanotubos

- 1952 Primera evidencia de la existencia de nanotubos de carbono.
- 1991 Descubrimiento oficial por Iijima (MWCNT)
- 1993 Descubrimiento del primer nanotubo monocapa (SWCNT).
- 1991-2000 Producto de interés principalmente académico.
- 2000-2005 Se investiga su uso industrial.
- 2005-2010 Desarrollo de aplicaciones industriales (proyectado).
- 2010 Gran desarrollo de aplicaciones integradas a productos (proyectado).

Tabla 1. Propiedades comparativas de un SWN

Propiedades comparativas de un SWNT

Propiedad	Nanotubos de carbono única (SWNT)	Por comparación
Tamaño	0.6 a 1.8 nanómetros de diámetro	La litografía de haz electrónico puede crear líneas de 50 nm de ancho
Densidad	1.33 a 1.40 g/cm^3	El aluminio tiene una densidad de 2.7 g/cm^3
Resistencia a la atracción	45 mil millones de pascales	Las aleaciones de acero de alta resistencia se rompen alrededor

Fuente: Estructura y síntesis de nanotubos de carbono (2005).

Emisión de electrones: La emisión de campo es el resultado de la tunelización de electrones desde una punta de metal hacia el vacío, bajo la aplicación de un fuerte campo eléctrico. El pequeño diámetro y la alta relación de aspecto de los CNT son muy favorables para la emisión de campo. Incluso para voltajes moderados, se desarrolla un fuerte campo eléctrico en el extremo libre de los CNT compatibles debido a su nitidez (Heer,1995).

Esto fue observado por de Heer y sus compañeros de trabajo en EPFL en 1995. También se dio cuenta de inmediato de que estos emisores de campo deben ser superiores a las fuentes de electrones convencionales y podrían encontrar su camino en todo tipo de aplicaciones, sobre todo en pantallas planas. Es notable que, después de solo cinco años, Samsung haya realizado una pantalla a color muy brillante, que se comercializará en breve utilizando esta tecnología.

Al estudiar las propiedades de emisión de campo de los MWNT, Bonard y sus compañeros de trabajo en la EPFL observaron que, junto con los electrones, también se emite luz. Esta luminiscencia es inducida por la emisión del campo de electrones, ya que no se detecta sin potencial aplicado. Esta emisión de luz se

produce en la parte visible del espectro y, en ocasiones, se puede ver a simple vista. (Heer, 1995).

Alta relación de aspecto

Los CNT representan un aditivo conductor muy pequeño y de alta relación de aspecto para plásticos de todo tipo. Su alta relación de aspecto significa que se necesita una carga (concentración) más baja de CNT en comparación con otros aditivos conductores para lograr la misma conductividad eléctrica. Esta baja carga conserva más la dureza de las resinas poliméricas, especialmente a bajas temperaturas, además de mantener otras propiedades clave de rendimiento de la resina matriz. Los CNT han demostrado ser un excelente aditivo para impartir conductividad eléctrica en plásticos. Su alta relación de aspecto (alrededor de 1000:1) imparte conductividad eléctrica a cargas más bajas, en comparación con los materiales aditivos convencionales como el negro de humo, la fibra de carbono cortada o la fibra de acero inoxidable (Ramos y Roa, 2017).

Microplástico: El plástico es el tipo más frecuente de desechos marinos que se encuentran en nuestro océano y en los Grandes Lagos. Los desechos plásticos pueden tener todas las formas y tamaños, pero los que tienen menos de cinco milímetros de largo (o aproximadamente el tamaño de una semilla de sésamo) se denominan "microplásticos" (Thompson, 2004).

Como campo de estudio emergente, todavía no se sabe mucho sobre los microplásticos y sus impactos. El Programa de desechos marinos de la NOAA está liderando los esfuerzos dentro de la NOAA para investigar este tema. Se han desarrollado métodos de campo estandarizados para la recolección de muestras de microplásticos de sedimentos, arena y aguas superficiales, y se siguen sometiendo a pruebas. Eventualmente, los protocolos de campo y laboratorio permitirán comparaciones globales de la cantidad de microplásticos liberados al medio ambiente, que es el primer paso para determinar la distribución final, los impactos y el destino de estos desechos (Andrady y Neal, 2009).

Los microplásticos provienen de una variedad de fuentes, incluso de desechos plásticos más grandes que se degradan en piezas cada vez más pequeñas. Además, las microesferas, un tipo de microplástico, son piezas muy pequeñas de plástico de polietileno fabricado que se agregan como exfoliantes a productos de salud y belleza, como algunos limpiadores y pastas dentales. Estas diminutas partículas pasan fácilmente a través de los sistemas de filtración de agua y terminan en el océano y los Grandes Lagos, lo que representa una amenaza potencial para la vida acuática (Andrady y Neal, 2009).



Figura 4. Microplástico del basurero a tu plato

Poliestireno (PS): El poliestireno es un plástico sintético de cadena lineal amorfa. El poliestireno es un material transparente, además de ser rígido. La fabricación de este material son el benceno y el etileno. (Centro de información técnica, 2013).

Los impactos derivados de la ingestión de plástico: El consumo de plástico, ya sea por accidente, llega a ser dañino y hasta la muerte directa, ya que atraviesa por el estómago y llega a ocasionar obstrucción a nuestros órganos y llega a ocasionar náuseas, vómitos, dolores estomacales, etc. Se sabe que los microplásticos son dañinos para la salud y no es necesariamente que sea grande para causar daño al sistema digestivo, etc. (ONU, 2019).

Impacto de los microplásticos en el medio marino

La transferencia de microplásticos a la biota es un fenómeno conocido. En organismos como los moluscos, estos contaminantes pueden pasar al sistema circulatorio, en donde inducen un incremento en la respuesta inmune a nivel molecular, siendo por tanto posible suponer, que organismos filtradores en la base de la cadena alimenticia son por lo general, los primeros en ser afectados (Moore, 2008).

Investigaciones realizadas con mamíferos marinos muestran también que partículas plásticas son transferidas a lo largo de la cadena alimenticia al ingerir peces contaminados con plásticos y posteriormente pueden trasladarse a otros, incluyendo a los humanos (Eriksson et al., 2003).

En el laboratorio los fragmentos mayores a 1 mm se contaron sin necesidad de un microscopio, luego se pesaron en una balanza analítica. Los microplásticos fueron clasificados en nueve categorías de plásticos y se guardaron en placas Petri. La clasificación de microplásticos fue: 1. plástico duro, 2. otras espumas, 3. fibra, 4. estireno, 5. pellets blanco, 6. pellet negro, 7. Pellet transparente, 8. fragmento de film, 9. otros polímeros Figura 5.



Figura 5. Clasificación según tipos de plásticos en placas Petri

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de **tipo experimental**, ya que la investigación que se hace es tanto como en campo debido a que se manipulo las variables dependientes e independientes, y se extrajo muestras del río chili que se llevó a laboratorios. En esta línea Fidas G. Arias (2012), define, la investigación experimental como un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

3.1.2 Diseño de la investigación

El **diseño de la investigación** es experimental “puro”, en donde se realiza las manipulaciones de las variables independientes en donde se tiene grupo control para ver los resultados de que los nanotubos de carbono interfieren con la extracción de microplástico y arsénico.

La simbología que se ha utilizado para esta investigación es:

$$M: O_1 \dots X \dots O_2$$

M: Muestra de agua del río Chili departamento de Arequipa

O_1 : Muestra de agua del río Chili sin ningún tratamiento (Pre-Tratamiento)

X: Tratamiento de nanotubo de carbono al agua

O_2 : Muestra de agua del río Chili después del tratamiento de nanotubo de carbono

En la Tabla 2 se da a conocer el diseño del análisis del agua del rio Chili

Tabla 2. Diseño de la investigación en sus niveles

REPETICIÓN 1		REPETICIÓN 2		REPETICIÓN 3	
INDICADOR	VOLUMEN	INDICADOR	VOLUMEN	INDICADOR	VOLUMEN
Agua del río chili	1L	Agua del río chili	1L	Agua del río chili	1L
Nanotubo de carbono	32cm	Nanotubo de carbono	32cm	Nanotubo de carbono	32cm
Ci As	0,0095	Ci As	0,0095	Ci As	0,0096
Cf As	0,002	Cf As	0,001	Cf As	0,001
%i Microplásticos	100%	%i Microplásticos	100%	%i Microplásticos	100%
%f Microplásticos	100%	%f Microplásticos	100%	%f Microplásticos	99%

Ci: Concentración inicial

Cf: Concentración final

%i: Porcentaje inicial

%f: Porcentaje final

3.1.3 Nivel de investigación

El **nivel de investigación** es explicativo, motivo por el cual se da a conocer que la investigación tiene una explicación paso a paso y también se dio a conocer los análisis que ocurra en los resultados del proyecto ya que los microplásticos se encuentran en el río Chili, Arequipa y la correlación de las dos variables que se presentan en la investigación.

El **método de la investigación** es deductivo, por lo cual nos dio una respuesta en el cual explicamos con análisis, así que obtenemos respuestas y dar una mejora con los nanotubos de carbono.

El **enfoque del estudio** es cuantitativo por el cual las variables independiente y dependiente. La cual se encuentra en el proyecto de investigación.

Se realiza la medición de las variables establecidas (Bernal, 2010).

3.2 Variables y operacionalización

En este proyecto de investigación da a conocer los resultados antes y después de utilizar los nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos.

- Variable independiente (X)

Nanotubo de carbono

- Variable dependiente. (Y)

Remoción de microplásticos y arsénico en el agua del río Chili, Arequipa

3.2.1 Operacionalización de la variable

“Evaluación del nanotubo de carbono para la remoción de microplástico y arsénico en el río chili, Arequipa 2022”

Tabla 3. Operacionalización de la variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA / UNIDAD DE MEDICIÓN
Independiente: nanotubos de carbono.	Los nanotubos de carbono es un proceso físico químico que es lo que se quiere es prevenir ingerir microplásticos así se evitará enfermedades futuras. La función del nanotubo de carbono en su pared sencilla de grafito retiene los microplásticos aparte hace una acción antibacteriana. Un nanotubo de carbono de pared única es un cilindro que resulta al enrollarse una capa monoatómica de grafito. Sus dimensiones son un átomo de grosor, unas decenas de átomos de circunferencia y, típicamente, varias micras de longitud. (Serrano 123, 28006 Madrid, España)	Se evaluará los nanotubos de carbono (NTC's) son alótropos del carbono, como el diamante, el grafito o los fullerenos, como absorción. A su vez, se determinará el tiempo de contacto para la remoción de la variable dependiente.	Características del absorbente	Densidad	g/cm ³
				Capacidad	L
				Temperatura	°C
			Parámetros de operación	Presión	kPa
				Rendimiento	l/min
				Tiempo de contacto	seg
				Tamaño	mm
Dependiente: Remoción de microplásticos y arsénico en el río Chili	Los microplásticos (MP) son partículas de origen polimérico producidas en dimensiones <5 mm o resultantes de la degradación de plásticos más grandes. En las diferentes épocas del año existen microplásticos en el agua. Los microplásticos están compuestos por sustancias químicas, en su elaboración se añaden: plastificantes, antioxidantes y colorantes (Cole, 2013). El arsénico, en fuentes naturales se presenta en forma de rocas sedimentarias y rocas volcánicas, y en aguas geotermales (Flores, 2009)	Remoción de residuos sólidos (microplásticos) y metal pesado (arsénico) será medido teniendo en cuenta sus dimensiones al contacto de las aguas del río Chili.	Características del Microplásticos en el río	Tamaño	mm
			Eficiencia de remoción	Ci Microplástico Cf Microplástico	%
				Ci As Cf As	

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Siguiendo el criterio de Valderrama (2013), quien define que “La población es un conjunto finito o infinito de elementos, seres o cosas, con características comunes y susceptibles a ser observados, nos permite el proceso de esta investigación”

3.3.1 Población

Está conformada por el río Chili, que pertenece a la cuenca del río Quilca, en el departamento de Arequipa. Así mismo,

3.3.2 Muestra está compuesta por 3 litros del agua del río Chili, las muestras se tomaron en los siguientes puntos del río Chili en el departamento de Arequipa.

- Punto 1 – Chilina
Coordenadas UTM: 19K, 0229154 E 81911472
- Punto 2 – Puente Tiabaya
Coordenadas UTM: 19K, 0222660 E 8178974N
- Punto 3 – Arancota
Coordenadas UTM: 19K, 0217099E 8181624N

3.3.4 Muestreo

La investigación fue probabilística, porque, la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las causas relacionadas con las características de la investigación

3.3.5 Unidad de análisis

La unidad de análisis fue de 500 mL por frasco, obtenido en la toma de muestra de la etapa de Pre y post tratamiento para observar si hay presencia de microplásticos y arsénico en el agua del río Chili, que pertenece a la cuenca del río Quilca, en el departamento de Arequipa.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Un instrumento para recolectar datos según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), nos indica que el investigador utiliza las tablas para para tabular datos o información que haya recolectado. En esta investigación fue empleada este método con una serie de fichas técnicas que nos permitieron recolectar información necesaria para diagnosticar el uso del agua del río Chili.

Por lo tanto, también se utilizó el cuestionario en el cual se basó en una serie de preguntas cerradas mediante una escala tipo Likert de opciones de respuesta: Si y No, Tabla 4.

Tabla 4. Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento de recolección de datos
Observación	Ficha 1: Muestras de agua para análisis de As y Microplásticos Ficha 2: Caracterización del físico y química del agua del río Chili Ficha 3: Parámetros de operación Ficha 4: Propiedades del absorbente (Nanotubo de carbono)

3.4.1 Validez y confiabilidad

Validez

La validez, según Ñaupas et al. (2014). Los instrumentos del proyecto de tesis fueron observados y analizados por especialistas al tema; es decir, docentes colegiados de la universidad César Vallejo, así también como ingenieros colegiados externos, así como se muestra en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Análisis de la Validación

Experto informante	% de validez	Promedio de Porcentaje de Validez
Daniela Gamarra	90	90
Fermín Domínguez	85	
Romberg Rodríguez	85	

Confiabilidad

La fiabilidad según explica Parreño (2016), confiere que la aplicación repetida del instrumento al mismo sujeto, situación u hecho ofrece resultados iguales. En este orden, Ñaupas et al. (2014), refiere que la confiabilidad de un instrumento se desprende al no variar significativamente las mediciones realizadas, aún de aplicado el mismo a diversos sujetos.

3.5. Materiales y equipos

Materiales:

- Recipiente de 20l
- Recipientes de PET y de vidrio
- Cooler

Equipos:

- Aparato de localización geográfica modelo Garmin GPSMAP 64s
- Cámara fotográfica
- Propipeta
- Gradilla
- Pipetas estériles
- Incubadora a 35-45°C
- Horno para esterilizar material de vidrio
- Luz ultravioleta

Protección personal:

- Guantes quirúrgicos
- Guardapolvo de laboratorio

- Mascarilla quirúrgica

3.6. Procedimientos

ETAPA 1 – Reconocimiento de la zona

Se evaluó la zona yendo al campo analizando, observando los puntos más críticos para poder considerar en qué puntos se extrajo el agua. Ya que aledaños al río Chili se encuentran domicilios, chacras y restaurantes, por lo que se estima que vierten residuos sólidos al río. En la Figura 6.

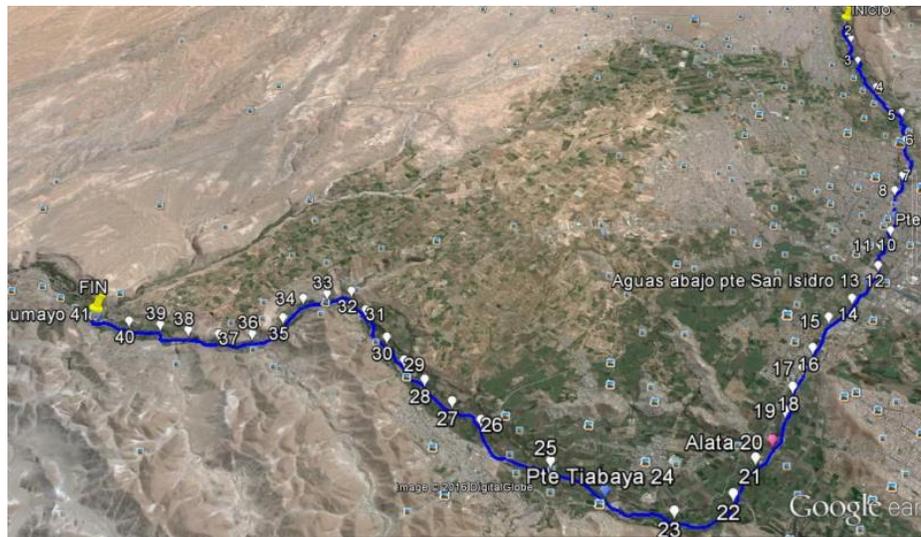


Figura 6. Gráfico Esquema discretizado del río Chili

ETAPA 2 - Recolección del agua

La muestra se recolectó en 3 puntos distintos en la que se extrajo 6 litros de agua, donde la metodología que se aplicó para la toma de muestra estuvo alineada al Protocolo de Monitoreo proporcionado por el Ministerio de Salud y la DIGESA en la Resolución Directoral N°2254 dictaminado el 11 de septiembre del 2007, de acuerdo con la ley general del Agua – Decreto Ley N° 17752. En el río Chili ciudad de Arequipa, provincia de Arequipa, los puntos que se escogieron fueron aledaños, se evitó seleccionar las áreas de turbulencia excesiva, teniendo en cuenta la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas; además, la toma de muestra se realizó a una profundidad de 20 cm y en dirección opuesta al flujo del recurso hídrico. a los restaurantes ya que se observa mayores residuos sólidos entre plásticos, botellas, papel y comida que son vertidos al río. En la Figura 7 se muestran las imágenes que fueron sacadas en el agua del río Chili en Arequipa.



Figura 7. Imágenes tomadas en la recolección de agua en el río Chili

- Punto 1 – Chilina
Coordenadas UTM: 19K, 0229154 E 81911472
- Punto 2 – Puente Tiabaya
Coordenadas UTM: 19K, 0222660 E 8178974N
- Punto 3 – Arancota
Coordenadas UTM: 19K, 0217099E 8181624N

ETAPA 3 – Análisis del agua del río Chili

De la muestra de agua recolectada se mandó a analizar 3 litros agua que se sacó del río se analizó las características físicas y químicas en el pre-tratamiento, distribuidas de la siguiente manera, como se visualiza en la Tabla 6 y Figura 8.



Figura 8. Muestras extraídas del agua del rio Chili llevadas al laboratorio

Tabla 6. Distribución de la cantidad de muestra para análisis inicial

Características físicas y químicas	Cantidad de muestra (mL) por repetición			Sub-Total de muestra (L)
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
As Temperatura pH	500ml	500ml	500 ml	1.5 L
Microplásticos	500ml	500ml	500 ml	1.5 L
Total de muestra (L)				3 L

Las muestras de agua en el río Chili fueron examinadas en el laboratorio llevando frascos como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Análisis de agua del río Chili

Se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del agua del río Chili previo al tratamiento con el tratamiento del nanotubo de carbono; los resultados fueron la temperatura (T°) y potencial de hidrógeno (pH). Se observa que el valor de pH es de 8.2, si bien se encontró dentro del rango permitido del Estándar de Calidad Ambiental. En la Tabla 7.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del agua pre tratamiento

Parámetros	Unidades	Características de agua pre tratamiento	ECA agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales
Temperatura	$^\circ\text{C}$	14	$\Delta 3$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	8.2	6.5 – 8.5

En relación con los tamaños de microplásticos se realizó revisiones extensas donde concluyen que hay una predominancia de fragmentos plásticos en superficie del río con un rango de tamaños de 500 μm a 5 mm, en relación a lo encontrado en columna de agua (Hidalgo-Ruz et al., 2012). En este trabajo se obtuvo fragmentos de plásticos duros en un rango de 4.7 mm a 5 mm, nuestros resultados muestran 522 ítems de microplásticos como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Tipos de plásticos encontrados en la muestra

Tipos de plástico	N° de partículas	Color	Peso (g)
Poliestireno (PS)	5mm	Blanco	0.023
Tecnopor	4.7mm	Blanco	0.013
Fibra	5mm	Transparente	0.01
Total	14.7mm		0.046

ETAPA 4 - Análisis de arsénico en el río Chili

Las muestras que se dan inicialmente, fue resultados de análisis de metales pesados, en la cual se muestra en los resultados anexados, en estos análisis se procedió a filtrar el agua a nuestro nanotubo de carbono, para así observar si la remoción es óptima.

Para las mediciones, se utilizaron las muestras de manera que éstas estuvieran listas en igual volumen y repeticiones para la adsorción mediante los nanotubos. El sistema consistió en un reactor de 500 ml con agitación continua, el cual contiene el agua contaminada con arsénico a las mediciones preliminares (0,0095 ppm). Una vez colocado el material de nanotubos en las muestras de agua, se tomó muestras cada 20 minutos, las cuales fueron analizadas mediante el método espectrofotométrico para determinar la concentración de arsénico presente en el agua.

Las medidas se realizaron por espacio de 60 minutos, al finalizar el tratamiento la concentración de arsénico es prácticamente nula, por lo que el porcentaje de adsorción es aproximadamente del 98%.

ETAPA 5 – Evaluación de los nanotubos de carbono para remoción de microplásticos y arsénico

Luego de haber analizado se obtuvo el resultado inicial de las características físicas y químicas que se encontró luego se filtra el agua por el nanotubo de carbono. En cuanto el nanotubo de carbono haga su función se filtró y se depositó el agua tratada en envases de 500 mL de capacidad y se llevó a un laboratorio acreditado por INACAL para realizar los análisis de las características físicas y químicas (Turbidez, temperatura, pH, microplásticos y As).

3.7. Método de análisis de datos

La obtención de datos se desarrolló mediante un análisis en un laboratorio acreditado por INACAL, buscando que se efectúe de forma óptima los ensayos de laboratorio. Los resultados obtenidos serán expuestos en tablas (cuadros), figuras (gráficos) y analizados estadísticamente. Para la elaboración de cuadros se tomó los valores resultantes del análisis de la muestra de las aguas del río Chili y post-tratamiento. Posteriormente, se elaboró gráficos en los cuales se comparó la variación de sus características físicas y químicas, considerando el tiempo de remoción empleado con cada tratamiento donde se evaluó los datos expuestos en los instrumentos (Fichas), según su tipo (cualitativas o cuantitativas). Luego, se procedió a determinar si los datos tienen una diferencia considerable. Terminando se pudo llegar a una conclusión.

3.8. Aspectos éticos

Durante la elaboración de la investigación, se cumplió con las normas éticas ya establecidas por la Universidad César Vallejo, bajo su Reglamento de Propiedad Intelectual aprobado bajo la Resolución de Consejo Universitario N° 0168-2020/UCV y la Resolución del Vicerrectorado de Investigación N° 011-2020/VI/UCV, cuyas normas indican los pasos a seguir para desarrollar la investigación bajo los criterios establecidos. Así mismo, se usó los criterios de la Guía de elaboración de trabajo de investigación y tesis 2022.

Para la verificación de originalidad del proyecto de investigación se usó el software anti plagio Turnitin el cual se encarga de comprobar la veracidad del trabajo de investigación.

IV. RESULTADOS

Según los objetivos planteados en esta investigación se llegó a los siguientes resultados:

4.1 Características físico-químicas del agua del río Chili (pre y post tratamiento)

Tabla 9. Parámetro físico-químicas del agua del río Chili (pre tratamiento)

Parámetros	Unidades	Características de agua pre tratamiento	ECA agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales
Temperatura	°C	14	Δ3
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	8.2	6.5 – 8.5

Se realizó este análisis para determinar si se encontraba arsénico o microplásticos en el agua, ya que estos pueden causar enfermedades severas en un futuro.

Se observa en los resultados de análisis del agua del río Chili el arsénico no supera el Estándar de Calidad Ambiental del Agua (ECA,2017) para la categoría N° 3 Riego de plantas y bebida de animales ver Tabla 10.

Tabla 10. Resultados de análisis de metal pesado arsénico en el agua del río Chili, Arequipa

Parámetro	Unidades	Muestras	Resultado	ECA Agua
As	mg/L	P1	0.0095mg/l	0.1 - 0.2
		P2	0.0095mg/l	
		P3	0.0096mg/l	

Para una mejor visualización y estadísticamente en la Figura 10.

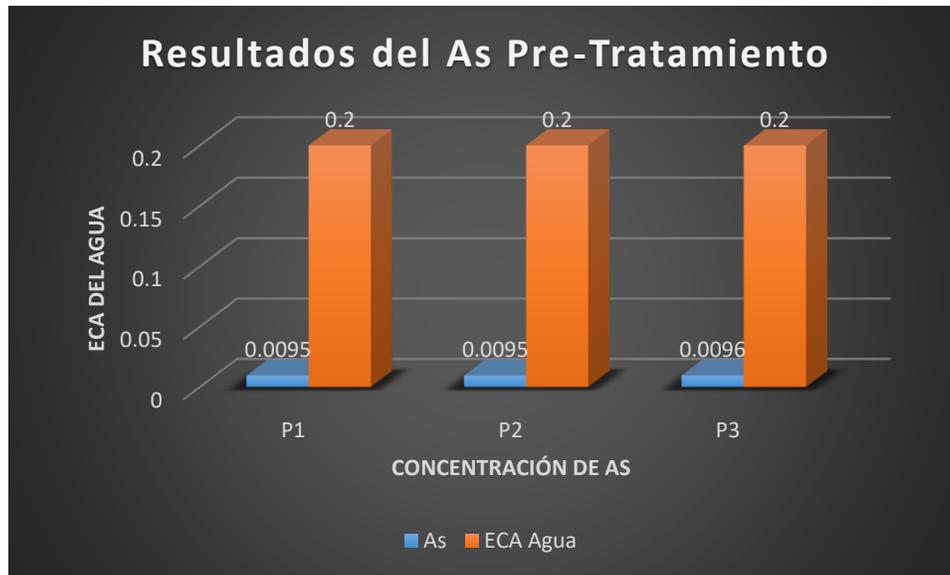


Figura 10. Resultados del As Pre – Tratamiento

Los resultados fueron obtenidos del análisis del agua del río Chili, encontrándose microplásticos con tamaño no menores a 1mm y no mayores a 5mm, como se muestra en la siguiente Tabla 11. El resultado fue en el Punto 1 se encontró microplásticos de 5mm, en el Punto 2 se encontró microplásticos de 4.7mm y en el Punto 3 se encontró microplásticos de 5mm y todo esto se encontró en el análisis de agua como muestra en la Figura 11.

Tabla 11. Resultado de microplásticos en el agua del río Chili

Parámetro	Unidades	Muestras	Resultado
Microplástico	mm	P1	5 mm
		P2	4.7 mm
		P3	5 mm

Para una mejor visualización y estadísticamente como se muestra en la Figura 11.

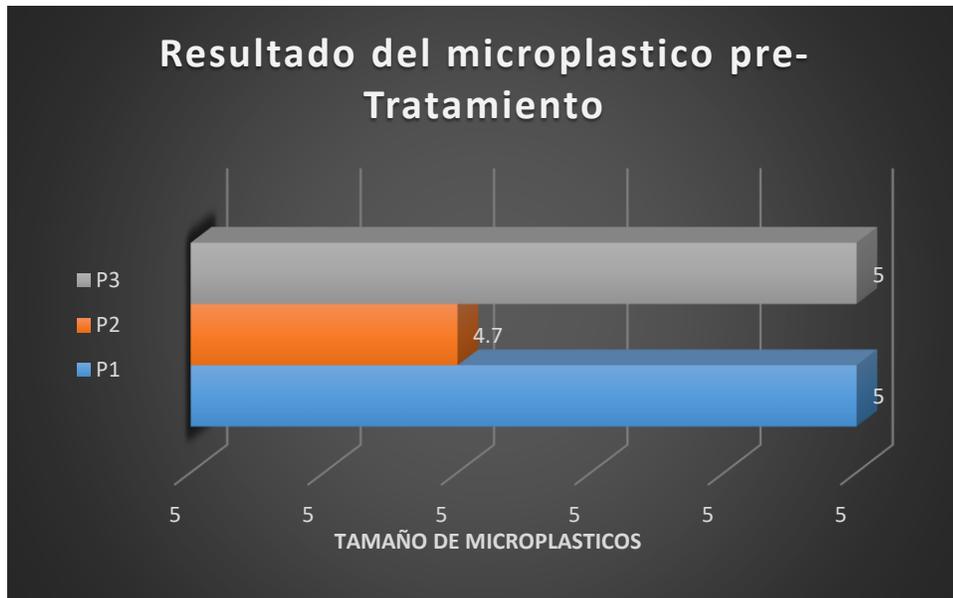


Figura 11. Resultado del tamaño de microplástico del Pre – Tratamiento

4.2 Características físicas del microplástico (color y tamaño)

Se identificó con el microscopio el color y tamaño de los microplásticos mediante el método infrarrojo multicanal IRT-7200, la detección fue de matriz lineal, la resolución que se utilizó de 8cm, el área de medición 800 x 800 μm y el tiempo de medición fue de 10 minutos, de esa manera se observaron los microplásticos. En la Tabla 12 se muestra la condición de medición del microscopio que se utilizó para los resultados de los microplásticos.

Tabla 12. Condición de medición del microscopio

Instrumentos	Microscopio infrarrojo multicanal IRT-720
Detector	Detector de matriz lineal
Resolución	8cm – 1
Área de medición	800 x 800 μ m
Tiempo de Medición	10 minutos

En la siguiente Figura 12 se muestra el microplástico y se encontró que los plásticos son poliestireno (PS) y tereftalato de polietileno (PET). La distribución de cada componente plástico se mostró mediante una imagen.

Se identificó el microplástico en el agua del río Chili usando microscopio. Los microplásticos presentan partículas menores de 5 mm, pero también se requiere el análisis de microplásticos en tamaños aún más pequeños.



Figura 12. Imagen de observación microscópica

4.3 Características del filtro del nanotubo de carbono

Se ha visualizado el nanotubo de carbono mediante el Microscopio Electrónico, de acuerdo con el análisis. La Figura 13 se aprecia el nanotubo de carbono.

Estos nanotubos de carbono se muestran como pequeños hilos o cabellos en la muestra que fue visualizada por el microscopio. Se puede observar manchas negras, las cuales corresponden a la masa de carbono que no logró formar nanotubos Figura 13.

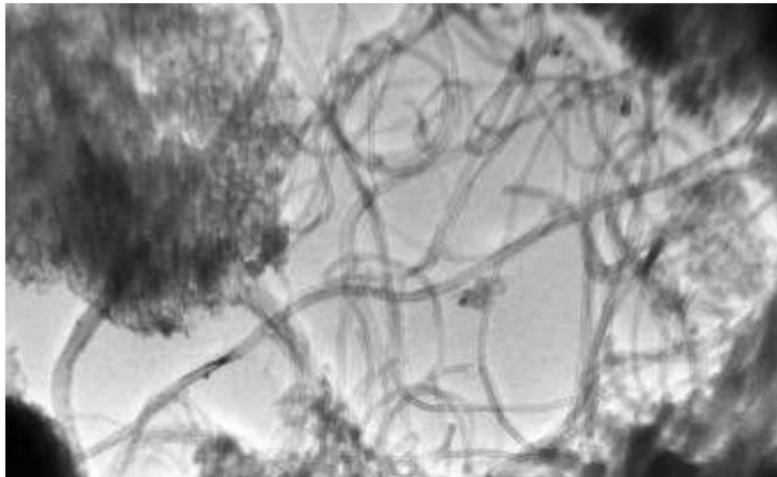


Figura 13. Micrografía de los nanotubos de carbono

En la Figura 14, se muestra en todos sus ángulos el filtro de nanotubo de carbono que se usó en esta investigación.



Figura 14. El filtro del nanotubo de carbono

En la Figura 15 se mostró la malla inoxidable que va directamente impregnada al caño. En este caso se filtró el agua del río Chili y se llegó a observar que la malla se encuentra restos de microorganismos y pequeños residuos.



Figura 15. Malla inoxidable del filtro del nanotubo de carbono

4.5 La eficiencia del nanotubo de carbono para la remoción de microplástico y arsénico en el agua del río Chili (post – tratamiento)

Se muestra el post – tratamiento la remoción del As en porcentajes como resultado. La remoción del arsénico al inicio en el Punto 1 se encontró 0.0095mg/l después del tratamiento el resultado fue 0.002mg/l siendo optimo el nanotubo de carbono, en el punto 2 se encontró 0.0095mg/l después del tratamiento el resultado fue 0.001mg/l y en el punto 3 0.0096mg/l después del tratamiento el resultado fue 0.001mg/l, como se muestra en la Figura 16 y en la Tabla 13.

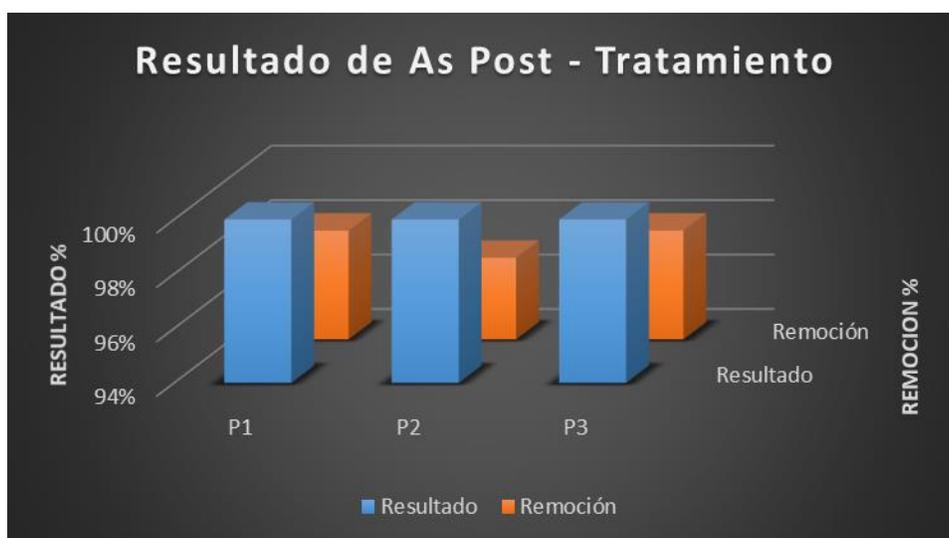


Figura 16. Resultado de Arsénico del agua del rio Chili en el Post - Tratamiento

Tabla 13. Resultado del Arsénico pre y post tratamiento.

Arsénico (As)	P1	P2	P3	ECA Agua
As Inicial	0.0095mg/l	0.0095mg/l	0.0096mg/l	0.1 - 0.2
As Final	0.001mg/l	0.001mg/l	0.001mg/l	

Los resultados que se obtuvieron son provenientes de los análisis del agua del río Chili.

Se obtiene la medida de microplásticos menor a 5mm presentes en la muestra después del tratamiento. En la muestra 1 se evidenció microplásticos de tamaño de 5mm y el filtro del nanotubo de carbono removió el microplástico dejando como resultado 0mm. En la muestra 2 se encontró microplástico de 4mm y se llegó a remover los 4mm. En la muestra 3 se encontró microplástico de 5mm y se removió con el filtro del nanotubo de carbono 4mm, por lo tanto, los resultados son óptimos y ayudarán para la salud y medio ambiente. En la Figura 17. En la Tabla 14 se muestra el resultado del microplástico pre y post tratamiento

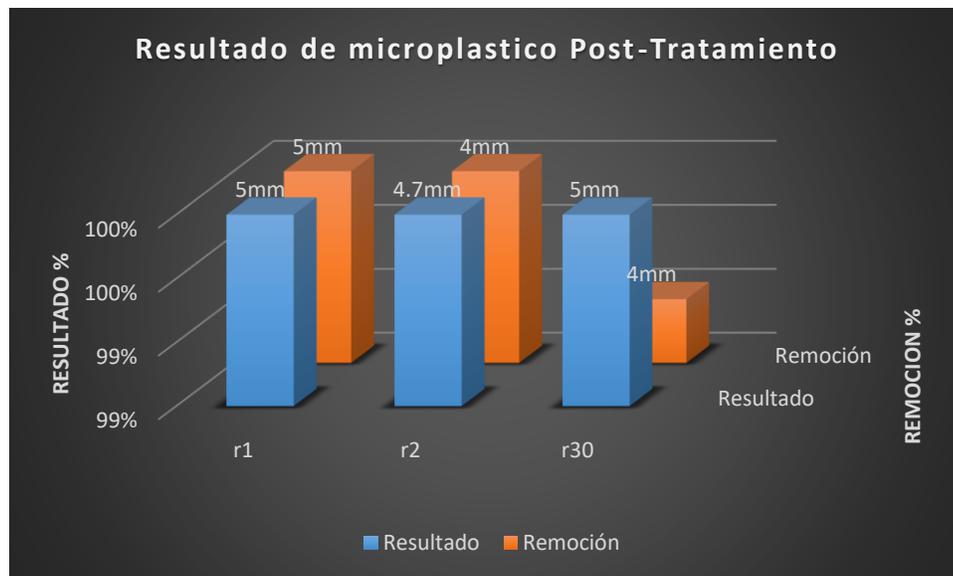


Figura 17. Resultado del microplástico del tamaño en el Post - Tratamiento

Tabla 14. Resultado del microplástico Pre y Post tratamiento

Microplásticos	P1	P2	P3
Microplástico Inicial	5mm	4mm	5mm
Microplástico Final	0mm	0mm	1mm

V. DISCUSIÓN

A partir de ellos resultados obtenidos se determinó si se encontraba arsénico o microplásticos en el agua, ya que estos pueden causar enfermedades severas en un futuro, se ha obtenido que el agua del río Chili el arsénico no supera el Estándar de Calidad Ambiental del Agua (ECA,2017), encontrándose los resultados contrarios por la investigación realizada por Derraik (2002) Page y McKenzie (2004) Arthur (2009) afirma que una preocupación particular es la aparición de pedazos más pequeños de desechos plásticos, incluidos los que no son visibles a simple vista, denominados microplásticos, en los océanos del mundo, los mecanismos por los cuales los microplásticos se derivan de los desechos marinos y los posibles impactos ecológicos de los microplásticos. Según Jaramillo Pineda (2003), la descarga de basura a las corrientes de agua incrementa la carga orgánica que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutrofización causando la muerte de peces, genera malos olores y deteriora la belleza natural. Sin embargo para Clapham (1999) Laist (1997) la acumulación de datos sobre las consecuencias ecológicas de tales escombros, el tema recibió un interés creciente por la investigación. La mayoría de los estudios se han centrado en el enredo de los mamíferos marinos.

De acuerdo a la presente investigación se ha encontrado microplásticos con tamaño no menores a 1mm y no mayores a 5mm, en el agua, coincidiendo con la investigación de Adrian Covaci (2021) en el cual se evaluó los microplásticos que están en el medio ambiente, llegan a estar en las placentas humanas se ha identificado la presencia de plásticos dentro de la placenta, posiblemente asociado a la ingesta de comida con estos materiales que no forman parte de la lista oficial de productos químicos regulados y no se pueden determinar en el sector industrial. También se menciona el estudio por Sainio, Lehtiniemie y Setälä (2021) endonde se analiza la ingesta de microplásticos por animales acuáticos en el mar Báltico, donde los peces, mariscos, etc. de alta mar no se encuentra la ingesta de microplásticos, entonces la densidad se ubicó en peces que habitan en zonas costeras donde cabe resaltar que son los que mayor ingesta de microplásticos.

De acuerdo a las características físicas del microplástico (color y tamaño), se identificó con el microscopio el color y tamaño de los microplásticos mediante el método infrarrojo multicanal IRT-7200, la detección fue de matriz lineal, la resolución que se utilizó de 8cm, el área de medición 800 x 800 μm y el tiempo de medición fue de 10 minutos, de esa manera se observaron los microplásticos. De igual manera con la investigación de Sánchez (2018), cuyo objetivo fue la caracterización de partículas de microplásticos en peces que son potencialmente comerciales se extrajeron muestras en distintos periodos durante dos años en el cual analizaron el tejido blando de los peces para poder extraer partículas por medio de la flotabilidad encontrándose más de 800 partículas comprendidas entre los tamaños: 40-4180 μm , los resultados que se obtuvieron fueron los colores que obtuvieron de dicha muestra fueron el azul, negro y rojo, como conclusión de este trabajo se muestra que los microplásticos están presentes en todas las estaciones del agua tanto en organismos como en agua. También para Silva Cavalcanti et al. (2017) Pegado et al. (2018) Andrade et al. (2019) Urbanski et al. (2020), afirma que la ingestión pudo deberse a la absorción accidental durante la búsqueda de alimento, se alimenta de detritos orgánicos, microorganismos y materia orgánica en descomposición, generalmente depositados en el fondo de los ríos.

A través del uso del microscópico, se identificó el microplástico en el agua del río Chili usando microscopio, se observan partículas menores de 5 mm, pero también se requiere el análisis de microplásticos en tamaños aún más pequeños, así mismo, Tintoré (2016) en su investigación determina las características y distribución de los microplásticos donde las muestras fueron analizadas por una lupa estetoscópica llegando a distinguir más de 400 tipos de partículas que pertenecían a contenedores de color azul o negro llegando a la conclusión de que hay una gran probabilidad que esta especie se alimente por estos microplásticos.

En la presente investigación a través del nanotubo de carbono mediante el Microscopio Electrónico, se muestran como pequeños hilos o cabellos en la muestra que fue visualizada por el microscopio. Se puede observar manchas negras, las cuales corresponden a la masa de carbono que no logró formar nanotubos. De acuerdo al antes mencionado para Baughman (2002) afirma que el descubrimiento

de los nanotubos de carbono (NTC) ha surgido del planteamiento de nuevas tecnologías antes no producidas con las ingenierías debido que sus propiedades son mecánicas, extraordinarias y eléctricas, lo que se logró fue explorar el uso potencial de diversas áreas. Y también para Issues (2001) se ha encontrado que, para todas las muestras de nano compuesto deformadas, la banda G' Raman cambia a un número de onda más bajo al aplicar una tensión de tracción que indica la transferencia de tensión de la matriz a los nanotubos y, por lo tanto, el refuerzo de los nanotubos.

La eficiencia del nanotubo de carbono para la remoción de microplástico y arsénico en el agua del río Chili (post – tratamiento) al inicio en el Punto 1 se encontró 0.0095mg/l después del tratamiento el resultado fue 0.002mg/l siendo optimo el nanotubo de carbono, en el punto 2 se encontró 0.0095mg/l después del tratamiento el resultado fue 0.001mg/l y en el punto 3 0.0096mg/l después del tratamiento el resultado fue 0.001mg/l. Teniendo relación con las siguientes investigación pro Optiz (2017), obteniendo el resultado que la ingesta no presenta efectos negativos en la supervivencia de estos, pero en algunas de las especies donde la concentración era mayor se observó la disminución del tamaño de estas, en donde algunas especies marítimas ingieren más microplásticos que otros peces, como aporte analizar en distintos puntos del mar, para una respuesta más concreta. Para C.A. Arias-Villamizar y A. Vázquez-Morillas (2007) se encuentra una degradación más rápida para exteriores, seguida de condiciones marinas y de agua dulce, lo que demuestra que los rayos UV y la temperatura son los impulsores más relevantes de la degradación, especialmente para los plásticos oxodegradables, como lo demuestra la mayor tasa de degradación del carbonilo, también se da a conocer que los microplásticos tienen mayor degradación en los ríos, mares, etc. Y Purca y Henostroza (2017) obtiene como resultado que los fragmentos de plástico duro mayores a 1 mm fueron encontrados en más del 80% de las muestras de las cuatro playas. La playa Costa Azul (~ 12°S) presentó 522 fragmentos por metro cuadrado (items/m²) de microplásticos, de los cuales, 463.33 items/m² y 2.6 g/m² fueron plásticos duros.

De acuerdo al resultado del Arsénico pre y post tratamiento la muestra 1 se evidencio microplásticos de tamaño de 5mm y el filtro del nanotubo de carbono removi6 el microplástico dejando como resultado 0mm. En la muestra 2 se encontr6 microplástico de 4mm y se lleg6 a remover los 4mm. En la muestra 3 se encontr6 microplástico de 5mm y se removi6 con el filtro del nanotubo de carbono 4mm, por lo tanto, los resultados son 6ptimos y ayudaran para la salud y medio ambiente. Asi mismo para Roy (2008) se estima que cada a6o 500 mil millones a 1 bill6n Las bolsas de pl6stico se consumen en el mundo. Sin embargo, estos materiales tambi6n se han convertido en un problema debido a su ciclo de vida, ya que se usan en aplicaciones de corta vida y, a veces, se eliminan de ambientes acu6ticos contaminantes inadecuados. Teniendo coincidencia con la investigaci6n por Erikson y Burton (2003) en la basura de fragmentos netos y en la 'pesca fantasma' por abandono artes en los bentos (Bullimore et al., 2001; Tschernijand Larsson, 2003). La ingesti6n de pl6sticos por las aves (Mallory, 2008; Cadee, 2002) y las tortugas (Mascarenhas et al., 2004; Bugoni y Krause, 2001; Tomas y Guitart, 2002) "est6 ampliamente documentada en todo el mundo y se conoce al menos el 44% de las especies de aves marinas".

Según los objetivos presentados.

5.1 Identificación de las características físico-químicas pre y post tratamiento del agua del río Chili

Se determinó el porcentaje de microplásticos en el agua del río Chili, departamento de Arequipa antes del tratamiento en los resultados se obtuvo que los microplásticos menores a 5mm tanto como poli estireno producto del tecnopor y tereftalato de polietileno producto del plástico (PET) en la P1 como resultado 5mm, en la P2 como resultado 4.7mm y en el P3 como resultado es de 5mm dando una suma de 14,7mm.

Se determinó el porcentaje de arsénico en el agua del río Chili, departamento de Arequipa antes del tratamiento P1 como resultado 0,0095 mg/l, P2 como resultado 0,0095mg/l y P3 como resultado 0,006mg/l, no llegaba a pasar el Estándar de Calidad del Agua (ECA), después del tratamiento del filtro de nanotubo de carbono como resultado se obtuvo P1, 0,0002mg/l; P2, 0,0001mg/l y P3,0,0001 mg/l.

5.2 Identificar las características color, tamaño del microplástico

Se identificó las características el color y el tamaño del microplástico que se encontró en el agua del río Chili. El microplástico en el punto 1 nos dio resultado el tamaño 5mm de color blanco, en el punto 2 como resultado 4 mm color blanco y en el punto 3 como resultado es de 5mm siendo el color marrón.

Así como se encontró la presencia de microplásticos en 4 playas de arena tomando como base sus características físicas, encontrando presencia de un 80% de los mismos que corresponden a plásticos mayores a 1mm, con lo cual hacen referencia a la gran cantidad de estas partículas que llegan al medio marino, ya que son muchos factores meteorológicos y actividades antropogénicas los que hacen posible su distribución a través de diversas playas, en este caso las playas estudiadas presentaban actividades como el turismo. Los resultados fueron colectados entre junio de 2014 y mayo 2015. Fragmentos de plástico duro mayores a 1 mm fueron encontrados en más del

80% de las muestras de las cuatro playas. La playa Costa Azul (~ 12°S) presentó 522 fragmentos por metro cuadrado (items/m²) de microplásticos, de los cuales, 463.33 items/m² y 2.6 g/m² fueron plásticos duros. En conclusión, Ello constituye evidencia de la presencia de microplásticos con énfasis en la forma y disponibilidad para animales de ese ecosistema Imhof (2012) y Cole (2013).

5.3 Identificar las características del filtro del nanotubo de carbono

Se identificó las características del filtro del nanotubo de carbono se muestran como pequeños hilos o cabellos, que contiene el nanotubo de carbono, el grafito y carbón activado, esto hace que se quede atrapado el microplástico y arsénico.

Se basa en tecnología de deposición macromolecular (HMDT), que usa la atracción electropositiva para desinfectar efectivamente (filtración extrema) el agua al tiempo que mejora su flujo y aporta otros beneficios Aqua Nano (2022).

5.4 Identificar la eficiencia del nanotubo de carbono para la remoción del microplástico y arsénico en el agua del río Chili

Se determinó el porcentaje de retención en el nanotubo de carbono al filtrar el agua después del tratamiento del filtro de nanotubo de carbono los resultados fueron; P1, 0,00mm la remoción; P2, 0,00mm y P3, 1mm el tratamiento del nanotubo de carbono tuvo una eficiencia al 99.99% y la remoción del arsénico con el tratamiento del filtro del nanotubo de carbono tiene una eficiencia al 99%.En cuanto a la eficiencia de este tratamiento el filtro de nanotubo de carbono tiene una remoción sacando un promedio del 99%.

- Punto 1 – Chilina
Coordenadas UTM: 19K, 0229154 E 81911472
- Punto 2 – Puente Tiabaya

Coordenadas UTM: 19K, 0222660 E 8178974N

- Punto 3 – Arancota

Coordenadas UTM: 19K, 0217099E 8181624N

Donde se encontró más arsénico y microplástico fue en el punto 3 ya que en estas coordenadas a su alrededor se encuentran chacras y restaurantes y unos metros se encuentra la planta de la empresa “Gloria”.

VI. CONCLUSIONES

Se caracterizó fisicoquímicamente el agua del río Chili, post y pres tratamiento. Los parámetros que se analizó fue pH, temperatura, sólidos disueltos (microplásticos), metales pesados (arsénico) y los datos fueron comparados con el Estándar de Calidad Ambiental - agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (2017).

Se identificó las características, color y tamaño del microplástico se encontró como resultado de los microplásticos en el punto que se encontró más, fue en los alrededores de las empresas y restaurantes donde se aprecia plásticos, botellas, tecnopor, y más polietilenos. Se apreció 5mm de color transparente “blanco”.

Se identificó las características del filtro del nanotubo de carbono.

La tecnología del nanotubo de carbono usa la atracción electropositiva para atrapar y crear un vínculo entre partículas submicrónicas en la malla mientras bloquea mecánicamente las partículas de mayor tamaño antes de que el agua pase a través del filtro principal, haciéndolo más eficiente.

El filtro principal atrapa y retiene virus, bacteria. El elemento contiene plata, la cual es naturalmente bacteriostática, para evitar el crecimiento de bacterias en su interior. Este elemento posee un área de filtración extremadamente amplia, mucho mayor que la de un campo de fútbol, lo que permite una gran capacidad de filtración.

El núcleo de carbono de alto flujo del filtro principal adsorbe cloro, plomo, sabores y olores. La estructura ligeramente abierta del núcleo de carbono produce una mínima restricción, permitiendo un alto flujo. En esta etapa se da el acabado final al agua para darle un agradable sabor.

La eficiencia del nanotubo de carbono fue del 99% para la remoción del microplástico y arsénico del agua del río Chili, Arequipa 2022. La medida que se utilizó para mayor precisión del resultado fue en porcentaje el microplástico después del resultado fue al 99.9% y el arsénico como resultado promedio 99%.

Se usó esta medida para sacar los resultados con mayor precisión después del tratamiento.

La retención fue al tiempo contacto, con el nanotubo de carbono, se aprecia la eliminación de los metales pesados, y los sólidos suspendidos en el agua del río Chili. En el caso del arsénico si hay más tiempo de retención con el filtro de nanotubo de carbono hay mayor eficiencia de la remoción.

Se confirmó que a mayor tiempo de espera en el filtro del nanotubo de carbono es mayor la remoción que se aprecia con el microplástico y arsénico. Las propiedades físico-químicas de los nanotubos (elevada superficie específica y abundancia de sitios activos).

VII. RECOMENDACIONES

Es importante que los nuevos investigadores puedan argumentar con más filtros de nanotubos de carbono, distintos tamaños, diámetros, etc. Hasta que llegue a remover un 100% de residuos sólidos (microplásticos) y metal pesado (arsénico). Tendrá que tener un impacto (positivo) sobre todos los seres vivos y llevar a una mejora en el día a día.

Si se aplica este sistema del filtro del nanotubo de carbono, se verá una mejora continúa siendo importante para la salud de todos los seres vivos y siempre actualizando los nuevos sistemas de nanotubos de carbono para así los siguientes investigadores puedan aplicar nuevas medidas de control.

Es importante que se debe considerar el crecimiento de esta investigación con la finalidad de lograr mejoras en los objetivos y un buen resultado al hacer la investigación del nanotubo de carbono, y esto nos llevara a controlar futuras enfermedades.

Los futuros investigadores recordar que las nano partículas, nanoplásticos, y metales pesados son más difíciles de visualizar y el filtro del nanotubo de carbono y llegaría a remover hasta el 100% ya que sus propiedades del nanotubo de carbono pueden ser modificadas mediante la funcionalización química.

Y a todos los investigadores impulsar con la concientización ambiental y comprometidos con la reducción de residuos sólidos, segregación de residuos sólidos para que estos no sean vertidos a ríos, mares, lagos, etc.

REFERENCIAS

Adrian Covaci , Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta, [En línea]. Environment International (2021) [Fecha de consulta 10 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020322297>

Alcca Quispe Fernando, “Estructura y síntesis de nanotubos de carbono” por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos,2017 [En línea] [Fecha de consulta 18 de enero 2020] Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/alcca_qf/cap6.PDF

Arwa Damon y Brice Line, Descubren microplásticos en concentraciones “extremas”, 2019. [En línea] [Fecha de consulta 20 de noviembre del 2021] Disponible en: https://www.cnnchile.com/mundo/del-basurero-a-tu-plato-descubren-microplasticos-en-concentraciones-extremas-en-el-atlantico-norte_20190820/

Avouris, (2002). "Molecular Electronics with Carbon Nanotubes", Acc. Chem. Res. 35, 1026- 1034 pp. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ar010152e>

Camila Gallardo, Nicolas Ory y Martin Thiel, “Curso de entrenamiento sobre microplásticos y proyectos piloto” por Universidad Católica del Norte, 2016 [En línea] [Fecha de consulta 3 de junio del 2022] Disponible en: <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2016/Agosto/Informe%20del%20curso%20de%20microplasticos%2002-09-2016.pdf>

Cecilia Eriksson , Harry Burton, 2003 en la National Center for Biotechnology Center [En línea] [Fecha de consulta 17 de enero 2022] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14627365/>

Cincinelli, A., Scopetani, C., Chelazzi, D., Lombardini, E., Martellini, T., Katsoyiannis, A., & Corsolini, S. (2017). [Microplastic in the surface waters of the Ross Sea \(Antarctica\): occurrence, distribution and characterization by FTIR. Chemosphere, 175, 391-400](#)

Concepción Domingo y Gonzalo Santoro “Espectroscopia Raman de nanotubos de carbono” Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, Serrano 123, 28006 Madrid, España, 2007. [En línea] [Fecha de consulta 18 de enero 2019] Disponible en: <file:///D:/BIBLIOTECA/MIS%20DOCUMENTOS/Allison/Ciclo%20VIII/Proyecto%20de%20Investigacion%20I/VARGAS%20SANTOS%20Allison%20Daniela/nanotubos%20de%20carbono.pdf>

Cuenca del río Quilca- Vitor - Chili Dirección General de calidad ambiental 2019. [En línea] [Fecha de consulta 18 de diciembre del 2021] Disponible en: http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/resumen_ejecutivo_-_rio_chili.pdf

L. Chico, V. Crespi, L. Benedict, S. Louie, M. Cohen. (1996). “Pure Carbon Nanoscale Devices: Nanotube Heterojunctions” Phys. Rev. Lett), 76, 971. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233387037_Pure_Carbon_Nanoscale_Devices_Nanotube_Heterojunctions

David Grimshaw “Nanotecnología para obtener agua limpia: hechos y cifras” 2009. [En línea] [Fecha de consulta 17 de junio del 2022] Disponible en: <https://www.scidev.net/america-latina/features/nanotecnolog-a-para-obtener-agua->

[limpia-hechos-y-c/](#)

Dresselhaus, M. and M. Endo. (2001). Relation of Carbon Nanotubes to Other Carbon Materials, in Carbon Nanotubes, M. Dresselhaus, G. Dresselhaus, and P. Avouris, Editors. 2001, Springer Berlin Heidelberg. p. 11-28.

Elida Hermida, Guía didáctica “Polímeros” por el Ministerio de educación 2011. [En línea] [Fecha de consulta 13 de junio del 2022]. Disponible en: http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf

Fernando Alcca, Estructura y Síntesis de Nanotubos de Carbono. [En línea]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Fecha de consulta 16 de febrero del 2022]. Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/alcca_qf/cap5.PDF

Fernandez y Toledo,” Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro(nano)plásticos en el medioambiente y en la biota marina” por Facultad de ciencias, 2019. [En línea] [Fecha de consulta 27 de mayo del 2022]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo/Toledo_Martinez_Maria_Angeles_TFM.pdf

Friki Andi, “Los microplásticos en el pescado y los mariscos” 2015 por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [En línea]. [Fecha de consulta 12 de junio del 2022]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/07/1460041>

Herbst, M.H., M.I.F. Macêdo, and A.M. Rocco. (2004). Tecnología dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar. Química Nova, 2004. 27: p. 986-992. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/qn/a/5yJnPKkTL9Lp8MDZkV9HJHC/?lang=pt>

IBERDROLA, “¿Cómo nos afectan los microplásticos?” por la Universidad de California en Santa Bárbara, la Universidad de Georgia y la Sea Education Association, 2017 [En línea] [Fecha de consulta 19 de octubre 2019] Disponible en: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/microplasticos-amenaza-para-la-salud>

“Investigation into the deformation of carbon nanotubes and their composites through the use of Raman spectroscopy” , 2001[En línea] [Fecha de consulta 17 de enero 2022] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359835X0000107X>

lijima (NEC) en 1991,“Nanotubos de carbono”[En línea] [Fecha de consulta 5 de enero 2021] Disponible en: [Nanotubos de Carbono \(monografias.com\)](http://monografias.com/Nanotubos-de-Carbono)

Javier Falcon. Identificación y Sistematización de Fuentes de contaminación en la K.A. Connors, S.D. Dyer, S.E. Belanger, Advancing the quality of environmental microplastic research, Environ. Toxicol. Chem. 36 (2017) 1697. [En línea] [Fecha de consulta 20 de enero 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1002/etc.3829>

Jorio, A., G. Dresselhaus, and S. Dresselhaus, (2008). Carbon Nanotubes: Advanced Topics in the Synthesis, Structure, Properties, and Application: SpringerVerlag Berlin/Heidelberg. Disponible en: <https://www.amazon.com/Carbon-Nanotubes-Synthesis-Properties-Applications/dp/3540728643>

Lorena M. Rios Mendoza, Mary Balcer University of Wisconsin-Superior, Department of Natural Sciences, Belknap and Catlin, PO Box 2000 [En línea] [Fecha de consulta 19 de enero 2020] Disponible en: [Ríos and Balcer 2019. Microplásticos en ambientes de agua dulce una revisión de la cuantificación.pdf](#)

López, “Adsorción de arsénico y fluoruros en nano partículas y su posterior de separación del agua tratada” por Centro de investigación de materiales avanzados.S.C, 2013. [En línea] [Fecha de consulta 14 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/516/1/Tesis%20Miriam%20Zsazsa%20L%C3%B3pez%20Paraguay.pdf>

Martín Gil FJ y Martín Gil J, Nanotubo, [En línea]. Caja España. Premio de Investigación sobre Energías Renovables 2005. [Fecha de consulta 15 de febrero del 2022]. Disponible en [:https://www.quimica.es/enciclopedia/Nanotubo.html#Propiedades_el.C3.A9ctricas](https://www.quimica.es/enciclopedia/Nanotubo.html#Propiedades_el.C3.A9ctricas)

Molina y Rosales “ Caracterización de microplásticos y su identificación en peces de orilla en la playa Naplo – Lima” por Universidad Cesar Vallejo ,2019 [En línea] [Fecha de consulta 6 de junio del 2022] Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65678/Molina_HBA-Rosales_OKC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nataly Pérez Manrique, “Simulación matemática de la interacción entre la demanda bioquímica de oxígeno (dbó) y el oxígeno disuelto (od) en el río Chili con el método de los elementos finitos”, 2017 [En línea] [Fecha de consulta 15 de agosto 2019] Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4109/IQpeman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Plastics e The Facts 2017. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data. [En línea] [Fecha de consulta 20 de enero 2022] Disponible en: https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf.

Reynosa Tamaulipas. CP 02200, México D.F.; Departamento de Química. Por la Universidad del Atlántico, Km 7 Antigua Vía a Puerto Colombia, CP 08003, Puerto Colombia, Colombia, 2018 [En línea] [Fecha de consulta 15 de enero 2022] Disponible

en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2018.34.01.12>

RTVE ¿Qué son los microplásticos y qué medidas se pueden adoptar para reducirlos?, 2019. [En línea] [Fecha de consulta 15 de octubre del 2021] Disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20190816/son-microplasticos-medidas-se-pueden-adoptar-para-reducirlos/1977222.shtml>

Salazar, Morales, Rodriguez, Nair, Aplicación de nanotubos de carbono para la eliminación de metales pesados en aguas, [En línea]. Universidad de Lima, 2013. [Fecha de consulta 15 de febrero del 2022]. Disponible en : https://www.ulima.edu.pe/sites/default/files/research/files/aplicacion_de_los_nanotubos_de_carbono_para_la_eliminacion_de_metales_pesados_en_aguas_julio_2013.pdf

Sara Purca y Aida Henostroza "Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú" en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017. [En línea] [Fecha de consulta 20 de enero 2022] Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172799332017000100012

Saito, M. Fujita, G. Dresselhaus. (1992). "Electronic structure of chiral graphene tubules". Appl. Phys. Lett. 60, 2204. Disponible en: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.107080>

Velarde, “Índice de calidad de agua superficial del río Chili en el sector de Sachaca-Tiabaya-Huayco” en la Universidad Nacional de San Agustín, 2016. [En línea] [Fecha de consulta el 17 de junio del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3275/QUvepabg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VIQUA simply safe wáter,2015. Siglo XX, la filtración y la desinfección se convirtieron en etapas clave del tratamiento de las aguas municipales [En línea] [Fecha de consulta: 07 de enero del 2021] Disponible en: https://viqua.com/wp-content/uploads/LIT-520279-R_RevA_5Ws-of-Water-Testing_SPANISH_LR.pdf

ANEXO

ANEXO 1 Matriz Operacional

Evaluación de nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y As en el agua del río Chili – Arequipa 2022

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala / Unidad de medición
Independiente: nanotubos de carbono.	Los nanotubos de carbono es un proceso físico químico que es lo que se quiere es prevenir ingerir microplásticos así se evitará enfermedades futuras. La función del nanotubo de carbono en su pared sencilla de grafito retiene los microplásticos aparte hace una acción antibacteriana. Un nanotubo de carbono de pared única es un cilindro que resulta al enrollarse una capa monoatómica de grafito. Sus dimensiones son un átomo de grosor, unas decenas de átomos de circunferencia y, típicamente, varias micras de longitud. (Serrano 123, 28006 Madrid, España)	Se evaluará los nanotubos de carbono (NTC's) son alótropos del carbono, como el diamante, el grafito o los fullerenos, como absorción. A su vez, se determinará el tiempo de contacto para la remoción de la variable dependiente.	Características del absorbente	Densidad	g/cm ³
				Capacidad	L
				Temperatura	°C
				Presión	kPa
			Parámetros de operación	Rendimiento	l/min
				Tiempo de contacto	Seg
				Tamaño	Mm
			Propiedades Físicas del Microplástico	Peso	gr
				Color de microplásticos secundario	NE
Tamaño de los microplásticos secundarios	Mm				
Dependiente: Remoción de microplásticos y arsénico en el río Chili	Los microplásticos (MP) son partículas de origen polimérico producidas en dimensiones <5 mm o resultantes de la degradación de plásticos más grandes. En las diferentes épocas del año existen microplásticos en el agua. Los microplásticos están compuestos	Remoción de residuos sólidos (microplásticos) y metal pesado (arsénico) será medido teniendo en cuenta sus dimensiones al	Características del Microplásticos en el río	Tamaño	Mm
			Eficiencia de remoción	Ci Microplástico Cf Microplástico	%

por sustancias químicas, en su elaboración se añaden: plastificantes, antioxidantes y colorantes (Cole, 2013). El arsénico, en fuentes naturales se presenta en forma de rocas sedimentarias y rocas volcánicas, y en aguas geotermales (Flores, 2009)

contacto de las aguas del río Chili.

Ci As
Cf As

Anexo 2. Matriz de Consistencia

Evaluación de nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y As en el agua del río Chili - Arequipa

Problema		Objetivo	Hipótesis	Variable		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
General	¿Cómo usar los nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa 2022?	Evaluar el uso de los nanotubos de carbono para la remoción de los microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa 2022.	Debido a la contaminación producida en el agua del río Chili se espera que el uso de los nanotubos puedan reducir la concentración de microplásticos y arsénico en el río Chili Arequipa, 2022.	Independiente	Independiente: Nanotubos de carbono.	Los nanotubos de carbono es un proceso físico químico que es lo que se quiere es prevenir ingerir microplásticos así se evitará enfermedades futuras. La función del nanotubo de carbono en su pared sencilla de grafito retiene los microplásticos aparte hace una acción antibacteriana. Un nanotubo de carbono de pared única es un cilindro que resulta al enrollarse una capa monoatómica de grafito. Sus dimensiones son un átomo de grosor, unas decenas de átomos de circunferencia y, típicamente, varias micras de longitud. (Serrano 123, 28006 Madrid, España)	Se evaluará los nanotubos de carbono (NTC's) son alótropos del carbono, como el diamante, el grafito o los fullerenos, como absorción. A su vez, se determinará el tiempo de contacto para la remoción de la variable dependiente.	Características del material	Densidad	g/cm ³
	Capacidad	L								
	Temperatura	°C								
	Presión	kPa								
Específicos	¿Cuáles son las características físico-químicas pre y post tratamiento del agua del río Chili, Arequipa 2022?	Identificar las características físico-químicas pre y post tratamiento del agua del río Chili, Arequipa 2022.	Las características físico-químicas identificados en el pre tratamiento como el pH, temperatura, sólidos disueltos (microplásticos), metales pesados (arsénico) pueden mejorar a través del post tratamiento del agua del río Chili, Arequipa 2022.	Dependiente	Dependiente: Remoción de microplásticos y arsénico en las aguas del río Chili	Los microplásticos (MP) son partículas de origen polimérico producidas en dimensiones <5 mm o resultantes de la degradación de plásticos más grandes. En las diferentes épocas del año existen microplásticos en el agua. Los microplásticos están compuestos por sustancias químicas, en su elaboración se añaden: plastificantes, antioxidantes y colorantes (Cole, 2013). El arsénico, en fuentes naturales se presenta en forma de rocas sedimentarias y rocas volcánicas, y en aguas geotermales (Flores, 2009)	Remoción de residuos sólidos (microplásticos) y metal pesado (arsénico) será medido teniendo en cuenta sus dimensiones al contacto de las aguas del río Chili.	Características del Microplásticos en el río	Tamaño	Mm
	Propiedades Físicas del Microplástico	Peso	gr							
		Color de microplásticos secundario	NE							
		Tamaño de los microplásticos secundarios	Mm							
	Características Físico química	Ci Microplástico Cf Microplástico	%							
		Ci As Cf As								
		¿Cuáles son las características color, tamaño del microplástico en el agua del río Chili, Arequipa 2022?	Identificar las características, color y tamaño del microplástico en el agua del río Chili, Arequipa 2022					Es probable que las características identificadas en el agua del río Chili son los Microplásticos del color blanco, transparente y de tamaños no menores de 1mm y no mayores de 5mm.		
	¿Cuáles son las características físico-químicas del filtro del nanotubo de carbono	Identificar las características del filtro del nanotubo de carbono.	Las características del filtro del nanotubo de carbono es la estructura fonónica, grafito, atracción electropositiva y carbón activado.							
	¿Cuál será la efectividad del nanotubo de carbono para remover microplásticos y arsénico de agua del río Chili, Arequipa 2022?	Identificar la efectividad del nanotubo de carbono para la remoción del microplástico y arsénico en el agua del río Chili, Arequipa 2022.	Es probable que el uso de nanotubo de carbono tenga una efectividad del 99% para la remoción del microplástico y arsénico del agua del río Chili, Arequipa 2022.							

Anexo 3. Ficha de recolección del agua del río Chili

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE COTEJO	
DATOS GENERALES			
Título	"Evaluación de nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa		
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de los residuos.		
Escuela	Ingeniería Ambiental.		
Autor	Bachiller Vargas Santos, Allison Daniela		
Asesor	Mg. Aliaga Martínez, María Paulina.		
Objetivo	Evaluar la eficiencia de nanotubos de carbono para la remoción de los microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa 2022		
Ubicación		Coordenadas UTM	
Fecha		Hora	
DATOS DE RECOLECCION			
Codigo de muestra	Tipo de muestra	Porcentaje (%)	Observacion
A	UTM 1	100%	
B	UTM 2	100%	
C	UTM 3	100%	
 Nombre y Apellidos: Daniela Gamarra CIP: 274667 GRADO: Ing. Ambiental		 Nombre y Apellidos: Fermin Dominguez CIP: 98296 GRADO: Ing. Agronomo	
Especialista 1		Especialista 2	
		 Nombre y Apellidos: Romberg Rodriguez CIP: 67556 GRADO: Ing. Metalurgista	
		Especialista 3	

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: Ing. Daniela Ramos Zegarra
2. Cargo e institución donde labora: Jefe de Seguridad y Medio Ambiente/Serlog SAC
3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos para evaluar la eficiencia
5. Autor(A) de Instrumento: Allison Daniela Vargas Santos

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN



Ing. Daniela Ramos Zegarra
 DNI: 72749722
 CIP:274667

Lima, 28 de febrero de 2022

Anexo 4. Ficha de cotejo

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE COTEJO	
DATOS GENERALES			
Título		"Evaluación de nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa	
Línea de investigación		Tratamiento y Gestión de los residuos.	
Escuela		Ingeniería Ambiental.	
Autor		Bachiller Vargas Santos, Allison Daniela	
Asesor		Mg. Aliaga Martínez, María Paulina.	
Objetivo		Determinar el porcentaje de microplásticos y arsénico en el río Chili, Arequipa 2022	
Ubicación		Coordenadas UTM	
Fecha		Hora	
DATOS DE RECOLECCION			
Código de muestra	Tipo de muestra	Porcentaje (%)	Observación
A	UTM 1	100%	
B	UTM 2	100%	
C	UTM 3	100%	
 Nombre y Apellidos: Daniela Gamarra CIP: 274667 GRADO: Ing. Ambiental		 Nombre y Apellidos: Fermin Dominguez CIP: 98296 GRADO: Ing. Agronomo	
Especialista 1		Especialista 2	
		 Nombre y Apellidos: Romberg Rodriguez CIP: 67556 GRADO: Ing. Metalurgista	
		Especialista 3	

DATOS GENERALES

6. Apellidos y Nombres: Ing. Daniela Ramos Zegarra
7. Cargo e institución donde labora: Jefe de Seguridad y Medio Ambiente/Serlog SAC
8. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental
9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos para determinar el porcentaje
10. Autor(A) de Instrumento: Allison Daniela Vargas Santos

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN


Ing. Daniela Ramos Zegarra
 DNI: 72749722
 CIP:274667

Lima, 28 de febrero de 2022

Anexo 5. Ficha del nanotubo de carbono

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE COTEJO		
DATOS GENERALES				
Título	"Evaluación de nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa			
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de los residuos.			
Escuela	Ingeniería Ambiental.			
Autor	Bachiller Vargas Santos, Allison Daniela			
Asesor	Mg. Aliaga Martínez, María Paulina.			
Objetivo	Determinar si los nanotubos de carbono ocasionan una retención con el agua del río Chili, Arequipa 2022			
Ubicación		Coordenadas UTM		
Fecha		Hora		
DATOS DE RECOLECCION				
Codigo de muestra	Tipo de muestra	Porcentaje (%) de retención		Observación
		As	Microplástico	
A	UTM 1			
B	UTM 2			
C	UTM 3			
 Nombre y Apellidos: Daniela Gamarra CIP: 274667 GRADO: Ing.Ambiental		 Nombre y Apellidos: Fermin Dominguez CIP: 98296 GRADO: Ing. Agronomo		 Nombre y Apellidos: Romberg Rodriguez CIP: 67556 GRADO: Ing. Metalurgista
Especialista 1		Especialista 2		Especialista 3

DATOS GENERALES

11. Apellidos y Nombres: Ing. Daniela Ramos Zegarra
12. Cargo e institución donde labora: Jefe de Seguridad y Medio Ambiente/Serlog SAC
13. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental
14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos para determinar la retención de As y microplastico
15. Autor(A) de Instrumento: Allison Daniela Vargas Santos

IV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN


Ing. Daniela Ramos Zegarra
 DNI: 72749722
 CIP:274667

Lima, 28 de febrero de 2022

Anexo 6. Ficha de cotejo para la remoción de microplásticos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE COTEJO			
DATOS GENERALES					
Título		"Evaluación de nanotubos de carbono para la remoción de microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa			
Línea de investigación		Tratamiento y Gestión de los residuos.			
Escuela		Ingeniería Ambiental.			
Autor		Bachiller Vargas Santos, Allison Daniela			
Asesor		Mg. Aliaga Martínez, María Paulina.			
Objetivo		Se determinará el porcentaje de retención con el nanotubo de carbono para remover los microplásticos en el río Chili, 2022			
Ubicación				Coordenadas UTM	
Fecha				Hora	
DATOS DE RECOLECCIÓN					
Codigo de muestra	Tipo de muestra	Porcentaje (%) de retención		Observación	
		As	Microplástico		
A	UTM 1				
B	UTM 2				
C	UTM 3				
 Nombre y Apellidos: Daniela Gamarra CIP: 274667 GRADO: Ing. Ambiental		 Nombre y Apellidos: Fermin Dominguez CIP: 98296 GRADO: Ing. Agronomo		 Nombre y Apellidos: Romberg Rodriguez CIP: 67556 GRADO: Ing. Metalurgista	
Especialista 1		Especialista 2		Especialista 3	

DATOS GENERALES

16. Apellidos y Nombres: Ing. Daniela Ramos Zegarra
 17. Cargo e institución donde labora: Jefe de Seguridad y Medio Ambiente/Serlog SAC
 18. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental
 19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos para determinar la retención de As y microplastico
 20. Autor(A) de Instrumento: Allison Daniela Vargas Santos

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN


Ing. Daniela Ramos Zegarra
 DNI: 72749722
 CIP:274667

Lima, 28 de febrero de 2022

DATOS GENERALES

21. Apellidos y Nombres: Ing. Daniela Ramos Zegarra
22. Cargo e institución donde labora: Jefe de Seguridad y Medio Ambiente/Serlog SAC
23. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental
24. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1: Cuestionario Percepción Ambiental
25. Autor(A) de Instrumento: Allison Daniela Vargas Santos

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN


Ing. Daniela Ramos Zegarra
 DNI: 72749722
 CIP:274667

Lima, 28 de febrero de 2022

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
<u>Bifenilos Policlorados</u>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<u>PLAGUICIDAS</u>				
Paratión	µg/L	35		35
<u>Organoclorados</u>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difénil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<u>Carbamato</u>				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

Anexo 8. Resultados del análisis de agua del rio Chili pre tratamiento

INFORME DE ENSAYO: 17085/2022

PAZ LABORATORIOS S.R.L

Calle OSCAR BENAVIDES Nro. 602 (CERCA A PLAZA DE YANAHUARA) YANAHUARA
Arequipa

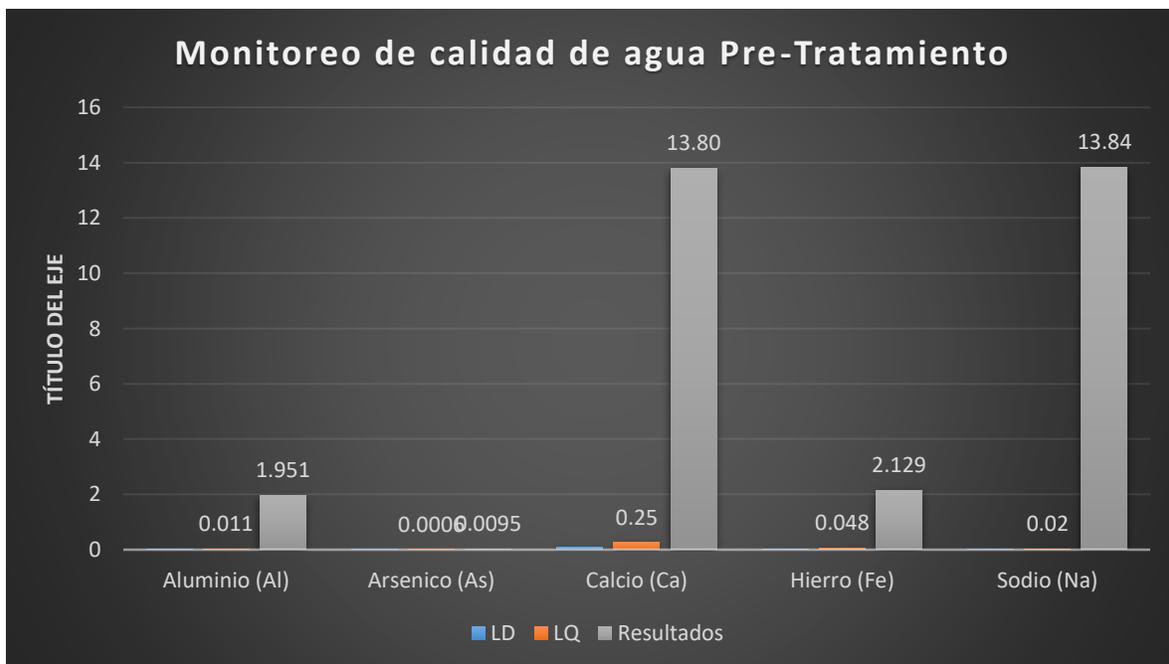
Monitoreo de calidad de agua

Emitido por: Karin Zelada Trigoso

Fecha de Emisión: 24/03/2022

Georeferencia (UTM WGS84):

Parametro	Ref. Met.	Fecha de ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultados
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Totales por ICP MS						
Aluminio (Al)	20237	21/03/2022	mg/L	0.003	0.011	1.951
Arsenico (As)	20237	21/03/2022	mg/L	0.0001	0.0006	0.0095
Calcio (Ca)	20237	21/03/2022	mg/L	0.10	0.25	13.80
Hierro (Fe)	20237	21/03/2022	mg/L	0.016	0.048	2.129
Sodio (Na)	20237	21/03/2022	mg/L	0.01	0.02	13.84





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-029



Registro N° LE - 029

FDT 001 - 01

INFORME DE ENSAYO: 17085/2022

PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Calle OSCAR BENAVIDES Nro. 602 (CERCA A PLAZA DE YANAHUARA) YANAHUARA Arequipa
Arequipa

Monitoreo de calidad de agua

Emitido por: Karin Zelada Trigoso

Fecha de Emisión: 28/03/2022

Karin Zelada Trigoso

CQP: 830

Personal Signatario - Químico

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029
División - Medio Ambiente



INFORME DE ENSAYO: 17085/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 6

Parámetro	Ref. Mèt.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	LQ	Resultado
007 ENSAYOS DE METALES - Metales Totales por ICP MS						
Plata (Ag)	30237	21/03/2022	mg/L	0,00008	0,00030	< 0,00008
Aluminio (Al)	30237	21/03/2022	mg/L	0,003	0,011	1,951
Analítico (As)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0001	0,0005	0,0095
Boro (B)	30237	21/03/2022	mg/L	0,003	0,012	0,125
Bario (Ba)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0004	0,0014	0,057
Berilio (Be)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	< 0,0002
Bismuto (Bi)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	< 0,0002
Calcio (Ca)	30237	21/03/2022	mg/L	0,10	0,25	13,80
Cadmio (Cd)	30237	21/03/2022	mg/L	0,00010	0,00025	< 0,00010
Cobalto (Co)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	0,0012
Cromo (Cr)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0007	0,0013	0,0023
Cobre (Cu)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0003	0,0009	0,0072
Hierro (Fe)	30237	21/03/2022	mg/L	0,016	0,048	2,129
Mercurio (Hg)	30237	21/03/2022	mg/L	0,00005	0,00010	< 0,00005
Potasio (K)	30237	21/03/2022	mg/L	0,02	0,05	3,77
Litio (Li)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0007	0,0013	0,0062
Magnesio (Mg)	30237	21/03/2022	mg/L	0,002	0,012	4,937
Manganeso (Mn)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0005	0,1429
Molibdeno (Mo)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	0,0004
Sodio (Na)	30237	21/03/2022	mg/L	0,01	0,02	13,84
Níquel (Ni)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	0,0000
Fósforo (P)	30237	21/03/2022	mg/L	0,05	0,13	0,13
Plomo (Pb)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	0,0000
Antimonio (Sb)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	0,0004
Selenio (Se)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0004	0,0014	< 0,0004
Silicio (Si)	30237	21/03/2022	mg/L	0,10	0,29	15,20
Estaño (Sn)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0005	< 0,0002
Estroncio (Sr)	30237	21/03/2022	mg/L	0,00020	0,00049	0,1575
Titanio (Ti)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0005	0,0013	0,0028
Talio (Tl)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	< 0,0002
Uranio (U)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	< 0,0002
Vanadio (V)	30237	21/03/2022	mg/L	0,0002	0,0004	0,0009
Zinc (Zn)	30237	21/03/2022	mg/L	0,008	0,020	< 0,008

Observaciones

- LD: Límite de detección.
- LQ: Límite de cuantificación.
- Los resultados que se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación, no aplican para comparativos de consistencia.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS LS Perú S.A.C., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- Ref. Mèt.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ALIAGA MARTINEZ MARIA PAULINA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Evaluación del nanotubo de carbono para remoción de microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa – 2022", cuyo autor es VARGAS SANTOS ALLISON DANIELA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 09 de Agosto del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ALIAGA MARTINEZ MARIA PAULINA DNI: 08663264 ORCID 0000-0003-2767-4825	Firmado digitalmente por: MALIAGAMA el 29-08- 2022 16:43:15

Código documento Trilce: TRI - 0405038