



Universidad César Vallejo

## **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Evaluación de presencia de microplásticos en etapas de pre y post tratamiento en PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024**

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

Ingeniero Ambiental

#### **AUTORES:**

Jave Palomino, Max Gerson ([orcid.org/0000-0002-4985-3747](https://orcid.org/0000-0002-4985-3747))

Ordinola Farfan, Jose Tomas ([orcid.org/0000-0001-5316-7312](https://orcid.org/0000-0001-5316-7312))

#### **ASESOR:**

MSc. Mendoza Villanueva, Karol ([orcid.org/0000-0002-1227-5103](https://orcid.org/0000-0002-1227-5103))

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

#### **LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2024

## Declaratoria de autenticidad del asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MENDOZA VILLANUEVA KAROL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de presencia de microplásticos en etapas de pre y post tratamiento en PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024", cuyos autores son JAVE PALOMINO MAX GERSON, ORDINOLA FARFAN JOSE TOMAS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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.

TRUJILLO, 06 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MENDOZA VILLANUEVA KAROL DNI: 44699289 ORCID: 0000-0002-1227-5103	Firmado electrónicamente por: KMENDOZAV el 22- 07-2024 10:22:06

Código documento Trilce: TRI - 0798506



## Declaratoria de originalidad de los autores



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, JAVE PALOMINO MAX GERSON, ORDINOLA FARFAN JOSE TOMAS estudiantes de la de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: Evaluación de presencia de microplásticos en etapas de pre y post tratamiento en PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo,2024, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
JAVE PALOMINO MAX GERSON <b>DNI:</b> 73821553 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4985-3747	Firmado electrónicamente por: MJAVEP el 14-07-2024 21:16:21
ORDINOLA FARFAN JOSE TOMAS <b>DNI:</b> 71997600 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5316-7312	Firmado electrónicamente por: JORDINOLAFa el 18-07-2024 16:06:55

Código documento Trilce: INV - 1742393

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser nuestra guía y fortaleza en cada paso de este camino. Su luz ha iluminado nuestros días más oscuros y su amor ha sido el motor de nuestra perseverancia.

A nuestros padres, quienes con su amor incondicional y apoyo constante han sido nuestra mayor fuente de inspiración y fortaleza. Su fe en nosotros ha sido el pilar que ha sostenido nuestros sueños y logros.

A nuestros mentores y profesores, cuyas enseñanzas y orientación han sido fundamentales para nuestro crecimiento académico y personal.

Finalmente, a todos aquellos que de una manera u otra han contribuido a la realización de esta tesis. Sin su apoyo y aliento, este logro no habría sido posible.

## **Agradecimiento**

Queremos expresar nuestra más profunda gratitud a Dios, cuya guía y fortaleza nos han acompañado a lo largo de este viaje académico.

A nuestros padres, por su amor incondicional, su apoyo sin límites y por creer en nosotros siempre. Sus sacrificios y enseñanzas han sido la base de nuestro éxito y dedicación.

A la Universidad César Vallejo, por proporcionarnos las herramientas y el entorno necesario para crecer académicamente. Su compromiso con la educación ha sido fundamental para nuestra formación.

Finalmente, a nuestros asesores, MSc. Germán Luis Huerta Chombo, MSc. Oscar Daniel Vasquez Salazar y MSc. Karol Mendoza Villanueva, por su dedicación, orientación y apoyo constante. Sus consejos y experiencia han sido cruciales para la realización de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Carátula.....</b>	<b>i</b>
<b>Declaratoria de autenticidad del asesor .....</b>	<b>ii</b>
<b>Declaratoria de originalidad de los autores.....</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>iv</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>v</b>
<b>Índice de contenidos.....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>viii</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>11</b>
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>36</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Tipos y fuentes de microplásticos.</i> .....	8
<b>Tabla 2.</b> <i>Cantidad de microplásticos de la PTAR Cortijo</i> .....	14
<b>Tabla 3.</b> <i>Cantidad de microplásticos de la PTAR Covicorti</i> .....	14
<b>Tabla 4.</b> <i>Vertimiento de aguas residuales tratadas de la PTAR Cortijo</i> .....	15
<b>Tabla 5.</b> <i>Vertimiento de aguas residuales tratadas de la PTAR Covicorti</i> .....	15
<b>Tabla 6.</b> <i>Microplásticos vertidos de las PTAR Cortijo y Covicorti</i> .....	16
<b>Tabla 7.</b> <i>Cantidad de formas totales de microplásticos de la PTAR Cortijo</i> .....	17
<b>Tabla 8.</b> <i>Cantidad de formas totales de microplásticos de la PTAR Covicorti</i> .....	17
<b>Tabla 9.</b> <i>Cantidad de tamaños totales de microplásticos de la PTAR Cortijo</i> .....	17
<b>Tabla 10.</b> <i>Cantidad de tamaños totales de microplásticos de la PTAR Covicorti.</i>	18
<b>Tabla 11.</b> <i>Tipo de colores y frecuencia de microplásticos de la PTAR Cortijo</i> .....	18
<b>Tabla 12.</b> <i>Tipo de colores y frecuencia de microplásticos de la PTAR Covicorti</i> .....	19
<b>Tabla 13.</b> <i>Eficiencia de eliminación de polímeros de la PTAR Cortijo</i> .....	20
<b>Tabla 14.</b> <i>Eficiencia de eliminación de polímeros de la PTAR Covicorti</i> .....	21
<b>Tabla 15.</b> <i>Prueba t para muestras relacionadas</i> .....	22
<b>Tabla 16.</b> <i>Prueba t para muestras independientes</i> .....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Clasificación de micro plásticos según el Sistema Estandarizado de Clasificación por tamaño y color (SCS por sus siglas en inglés).....	7
<b>Figura 2.</b> Espectros de los tipos de plástico puros.....	9
<b>Figura 3.</b> Diagrama de Procedimiento .....	11
<b>Figura 4.</b> Polímeros de microplásticos de la PTAR Cortijo .....	20
<b>Figura 5.</b> Polímeros de microplásticos de la PTAR Covicorti.....	21

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo determinar la cantidad de microplásticos en las etapas de pre y post tratamiento de las PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024, alineado con el ODS 6. La metodología empleada fue básica y cuantitativa recolectando de 16 muestras de aguas residuales de ambas PTAR en las etapas del pre y post tratamiento. La extracción de microplásticos se realizó mediante filtración, separación y espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR). Los resultados fueron de 255 microplásticos en la PTAR Cortijo (75 en el pretratamiento y 80 en el postratamiento) y 181 fragmentos en la PTAR Covicorti (120 en el pretratamiento y 61 en el postratamiento). Se estimó que las cantidades de microplásticos vertidos al mar son  $4.75 \times 10^9$  para Cortijo y  $3.62 \times 10^9$  para Covicorti. Se encontraron fragmentos, fibras y películas de tamaños entre 1 mm y 5 mm, con colores como rosado, rojo, negro, blanco, azul, verde, amarillo, transparente, morado, anaranjado, gris y beige. Se identificaron seis tipos de polímeros: LDPE, PS, PET, PVC, PP y PC, con una eficiencia de eliminación del 54% para Cortijo y 49% para Covicorti.

**Palabras clave:** microplásticos, espectroscopía infrarroja, pre tratamiento, post tratamiento.

## Abstract

The research aimed to determine the quantity of microplastics in the pre- and post-treatment stages of the PTAR Cortijo and Covicorti in Trujillo, 2024, aligned with SDG 6. The methodology was basic and quantitative, involving the collection of 16 wastewater samples from both PTAR in the pre- and post-treatment stages. Microplastics were extracted using filtration, separation, and Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR). The results showed 255 microplastics in PTAR Cortijo (75 in pre-treatment and 80 in post-treatment) and 181 fragments in PTAR Covicorti (120 in pre-treatment and 61 in post-treatment). The estimated quantities of microplastics discharged into the sea were  $4.75 \times 10^9$  for Cortijo and  $3.62 \times 10^9$  for Covicorti. Fragments, fibers, and films ranging from 1 mm to 5 mm were found, with colors such as pink, red, black, white, blue, green, yellow, transparent, purple, orange, gray, and beige. Six types of polymers were identified: LDPE, PS, PET, PVC, PP, and PC, with removal efficiencies of 54% for Cortijo and 49% for Covicorti.

**Keywords:** microplastics, infrared spectroscopy, pre-treatment, post-treatment.

## I. INTRODUCCIÓN

En el mundo se utilizan 5 billones de bolsas al año, casi 10 millones de bolsas por cada minuto; cada año se vierten hasta casi 8 millones de toneladas de plástico en los océanos, dicho esto los peces ingieren los micro plásticos confundiéndolos como alimentos, acumulándose en el animal y luego se magnifica a punto de ser ingerido luego por seres humanos. El Perú para ser más específico en Lima metropolitana y el Callao se generan 886 toneladas de residuos plásticos al día que representa el 46% de residuos a nivel nacional (MINAM, 2020).

De acuerdo a un enfoque de modelización en evaluar los riesgos de los microplásticos en el océano se prevé que para el año 2100 flotarán en el océano entre 9,6 y 48,8 partículas  $m^{-3}$ , esto quiere decir que tendrá un aumento de 50 veces en comparación con la actualidad por lo que se tendría un efecto directo con especies marinas las cuales están expuestas crónicamente a estos micro plásticos (<5 mm) (Van Cauwenberghe, et. al., 2018).

Ante la producción masiva y consumo excesivo de plástico a nivel mundial y nacional también se tiene un déficit en información sobre micro plásticos, es notable que cada año los micro plásticos vienen provocando un impacto a las distintas especies, medio ambiente y en la salud (Bermeo, et al., 2023).

En Trujillo existen nueve PTAR las cuales son el Cortijo, Covicorti, Salaverry, Tablazo, El Milagro, Huanchaco, Miramar, Las Delicias y Valdivia estas plantas de tratamiento tienen una eficiencia entre el 80% y 90% (SUNASS, 2023).

La importancia del tema de los micro plásticos se evidencia en su relación con agua limpia y saneamiento (ODS 6), ya que su aparición en la sociedad representa un desafío emergente y significativo. La contaminación resultante afecta tanto a los ecosistemas marinos como a los terrestres. La falta de control sobre los micro plásticos permite que lleguen a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), donde su presencia representa una seria amenaza debido a la ausencia de sistemas de gestión de micro plásticos (LMP). Esto podría resultar en la contaminación de fuentes naturales de agua y afectar la cadena trófica, así como

los cultivos que utilizan estas aguas para el riego (Gutiérrez, et al., 2023).

La presente investigación aportará información sobre los micro plásticos en las aguas residuales de las PTAR de la provincia de Trujillo teniendo en consideración el incremento de producción y uso de plásticos, se formuló el siguiente problema

¿Cuál es la cantidad de microplásticos en las etapas de pre y post tratamiento en las PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024?

La justificación de este proyecto de investigación se basa en la necesidad de evaluar la presencia de micro plásticos en el agua tratada por las plantas de tratamiento de aguas residuales de Cortijo y Covicorti, Trujillo. Es esencial proporcionar este conocimiento para entender el impacto de las PTAR en la presencia de microplásticos y evaluar la efectividad de los sistemas de tratamiento existentes. Trujillo enfrenta desafíos significativos en cuanto a la contaminación del agua, y comprender la presencia de microplásticos es fundamental para salvaguardar la salud pública y preservar los recursos hídricos locales. Al obtener información precisa sobre la presencia de microplásticos tanto antes como después del tratamiento en estas instalaciones, se podrán implementar medidas adecuadas para mitigar su impacto y promover la sostenibilidad ambiental en la provincia de Trujillo.

Ante la problemática expuesta, se cuenta con el siguiente objetivo general: Determinar la cantidad de microplásticos en las etapas del pre y post tratamiento de las PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024. Contando con los siguientes objetivos específicos: Estimar la cantidad de vertimiento de microplásticos en las PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024, realizar la caracterización cualitativa (formas, tamaños y colores) de los microplásticos que se encuentran presentes en el pre y post tratamiento de en las PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024 y finalmente determinar la eficiencia de las PTAR Cortijo y Covicorti en la eliminación de diferentes tipos de polímeros de plástico.

Setiadewi et al. (2023) investigaron la presencia de micro plásticos en las aguas residuales de Indonesia, centrándose en una planta de tratamiento de aguas

residuales urbanas (EDAR). Utilizaron un enfoque cualitativo con técnicas de muestreo y extracción basadas en estudios previos. La EDAR eliminó casi el 90% de los micro plásticos, siendo los más comunes los tamaños inferiores a 500 micrómetros. Predominaron las partículas blancas (35%) y translúcidas (17-25,4%), y las fibras fueron el tipo más abundante (68-70,17%), seguidas de fragmentos, películas, micro perlas y espumas. El estudio destaca el importante papel de los EDAR en la reducción de los micro plásticos en las aguas residuales, pero también enfatiza el aumento de la contaminación cuando estos contaminantes llegan al medio ambiente.

En la investigación Hazrati et al. (2023), en este estudio se investigó la presencia de microplásticos (MP) en las aguas residuales tratadas por seis plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Irán. Utilizaron un enfoque cuantitativo. Los resultados se llevaron a cabo usando microscopía de luz polarizada. Las PTAR A y B (lodos activados) mostraron una eficiencia del 97,3% y 99,2%, y las PTAR C y D (laguna aireada) del 95,5% y 94,3% en la eliminación de fibras de MP. Las PTAR E (reactor discontinuo secuencial) y F (estanque de estabilización) eliminaron principalmente películas (96,1%) y gránulos (86,1%). Los MPs de 25-125  $\mu\text{m}$  fueron los más comunes en el efluente. Aunque el proceso de lodos activados tuvo una eficiencia del 91,87%, grandes cantidades de MP aún se liberan al medio ambiente.

Según Tendani et al. (2023), el estudio encontró que las concentraciones de microplásticos (MP) en dos plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR A y B) variaban significativamente. En EDAR A, el afluente contenía 145 MPs/L de fibras y 148 MPs/L de fragmentos, mientras que el efluente tenía 54 MPs/L de fibras y 138 MPs/L de fragmentos. En EDAR B, el afluente tenía 180 MPs/L de fibras y el efluente 78 MPs/L de fragmentos y 21 MPs/L de fibras. Los tamaños de los MP variaban entre 0,01 y 0,02 mm en el afluente y entre 0,01 y 0,005 mm en el efluente. Las formas dominantes eran angulares, fragmentos y fibras, principalmente blancas. En EDAR A, los microplásticos incluían 34,9% partículas angulares, 39,2% fragmentos, 19,1% fibras y 6,8% partículas en forma de película. En EDAR B, predominaban los fragmentos (46,3%), seguidos por fibras (28,1%) y partículas angulares (25,6%).

La investigación de Meng et al. (2023) se centra en evaluar y caracterizar partículas de micro plásticos en diferentes etapas del proceso de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) en el sur de la ciudad de Hefei, China. Utilizando un diseño mixto aplicado, se analizó la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de Hefei. Los resultados revelaron la presencia de PE, PP, PS y PVC con distintas formas como chip, fibra, hoja y partícula; se destacó una mayor abundancia de partículas fibrosas en aguas residuales y lodos de la EDAR, con un promedio del 49,3% y 39,7% en clima seco, y 50,1% y 43,2% en clima lluvioso, respectivamente. Concluyeron que persisten las emisiones o acumulaciones de partículas en el lodo, lo que plantea un problema de contaminación ecológica.

Según Kwon et al. (2022), en su investigación tiene como objetivo dar a conocer las características de los micro plásticos e informar la eliminación en diferentes etapas en las plantas de tratamiento de aguas residuales. La investigación es cuantitativa de tipo aplicada. Teniendo como muestra tres EDARa gran escala en la provincia de Gyeongsangbuk-do, República de Corea. Los resultados fueron que cada EDAR puede eliminar una cantidad significativa de micro plásticos (91,04%) desde el afluente al efluente. En conclusión, cada EDAR tiene eficiencia del 74,76% en tratamientos para eliminar micro plásticos en aguas residuales.

El estudio de Yuvedha et al. (2019), busca identificar y clasificar micro plásticos en muestras de una planta de tratamiento de aguas residuales, además de cuantificarlos según cantidad y tipo. Utilizando un enfoque cuantitativo, se recolectaron muestras en la planta de tratamiento de la universidad de Kalasalingam y se oxidaron con peróxido de hidrógeno y sulfato de hierro II. Los sedimentos se analizaron mediante imágenes FTIR y un microscopio de disección 40x para identificación visual. Se concluyó la presencia de siete tipos de micro plásticos (PEHD, PP, PELD, PVC, PTFE, PS y PET) con tamaños entre 10 y 20 micrones.

Hernández et al. (2022) describen la identificación y cuantificación de micro plásticos en afluentes y efluentes de aguas residuales municipales e industriales mediante análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC). El enfoque es cuantitativo, con muestras de tres plantas de tratamiento. Los resultados revelaron

la presencia de PE, PS, PP y PET, clasificados como fragmentos, fibras o gránulos. El análisis mostró que el tratamiento inicial no eliminó más del 58% de los micro plásticos, mientras que las plantas con tratamiento secundario de lodos activados alcanzaron una eliminación del 90% al 96.9%.

En el artículo de Pedrotti, et al (2021). Se registró la cantidad, tamaño y tipo de microfibras (MF) en el aire, aguas residuales de lavadoras domésticas, y en la planta de tratamiento Haliotis en Niza. El lavado de ropa emite en promedio  $13 \times 10^6$  MF por  $m^3$ , siendo una fuente significativa de microplásticos. Aunque Haliotis tiene una alta eficiencia de eliminación (87,5%-98,5%), se estimó que 4.3 mil millones de MF ingresan al ambiente marino diariamente. La caracterización ATR-FTIR indicó que entre el 14% y 50% de las fibras son sintéticas (poliéster, poliamida), y el 35%-72% son naturales (algodón, lana) o procesados a partir de ellos (celulosa). Se encontraron MF en todos los compartimentos ambientales estudiados, con concentraciones en aguas superficiales de  $2,6 \times 10^3$  a  $3,70 \times 10^4$  por  $m^3$ .

Según Fuentes (2022) buscaba determinar la presencia de micro plásticos (MPs) en el agua residual de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Media Luna (PTAR-ML) en la provincia de Ilo. Se tomaron muestras de 64 litros de agua residual de la empresa EPS ILO S.A. Se identificaron 11 tipos de polímeros (PE, PA, PES, PS, PET, PVC, PMMA, HDPE, LDPE y PC) en 409 partículas de microplásticos, con concentraciones promedio de  $67.5 \pm 11.7$  y  $17.4 \pm 1$  partículas por litro. Los mini micro plásticos predominaron en un 89%, con microfragmentos (52%) y microfibras (41%) siendo las morfologías más comunes. Se observó una disminución en la presencia de microplásticos desde la entrada hasta la salida del agua tratada en la PTAR Media Luna, indicando una reducción en su emisión al cuerpo de agua receptor.

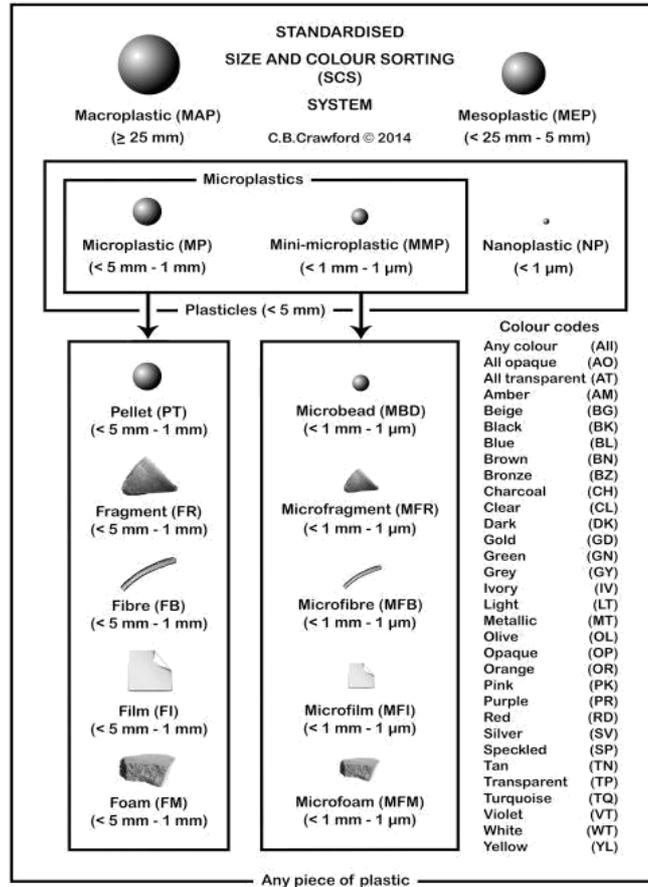
En la investigación de Mamá, et al. (2024) Este estudio analizó microplásticos en dos plantas de tratamiento terciario: zanja de oxidación y lodos activados de película fija. Los afluentes contenían  $15,5 \pm 3,5$  partículas/L y  $38,5 \pm 2,5$  partículas/L, respectivamente. Las concentraciones en el afluente estaban más influenciadas por la densidad de población. Se redujeron a  $1,5 \pm 0,5$  partículas/L y  $1,0 \pm 1,0$  partículas/L en los efluentes finales, con una disminución del 90% y 97%.

Los malos hábitos, como el uso excesivo de plásticos desechables y la eliminación inadecuada de residuos, incrementan la presencia de micro plásticos. La falta de manejo adecuado de desechos plásticos en el agua residual y el lavado de productos sintéticos liberan microfibras plásticas, contaminando el medio ambiente. Estos comportamientos irresponsables agravan la contaminación por micro plásticos, dañando los ecosistemas acuáticos y amenazando la salud humana y la biodiversidad (Bollaín y Vicente, 2020).

La falta de infraestructura adecuada en las (PTAR) para retener micro plásticos agrava la contaminación. Esta deficiencia permite que una cantidad significativa de microplásticos persista en el agua tratada, siendo liberados nuevamente al medio ambiente. Esto contribuye a la contaminación de los cuerpos de agua y afecta los ecosistemas acuáticos, representando una amenaza para la biodiversidad y la salud pública (Peláez, 2020).

Los plásticos tienen su origen en sustancias naturales y orgánicas, como la sal, el petróleo, la celulosa y el carbón. Se pueden dividir los distintos tipos de plástico en dos categorías fundamentales de polímeros (Del Rosario, et al., 2020).

Los micro plásticos se encuentran en el entorno en una variedad de formas, como fibras, trozos, partículas, fragmentos y esferas, estas formas varían según el caso de cómo eran originalmente los plásticos, cómo se descomponen y las circunstancias corrosivas a las que se exponen. La mayoría de ellos son liberados en aguas residuales en zonas urbanas, arroyos, mares y ríos, y luego llegan a diferentes ecosistemas, donde eventualmente son absorbidos o ingeridos por organismos y, con el tiempo, pueden alcanzar niveles que pueden tener un impacto en la salud humana (Castañeta, et al., 2020).



**Figura 1.** Clasificación de microplásticos según el Sistema Estandarizado de Clasificación por tamaño y color (SCS por sus siglas en inglés).

**Fuente:** Adaptado de Crawford y Quinn (2017).

Los plásticos presentan desafíos para su reciclaje debido a su baja capacidad de degradación, lo que resulta en su acumulación en el entorno. A pesar de su estabilidad, se encuentran bajo la influencia de cambios físicos y químicos que los fragmentan en piezas más pequeñas conocidas como micro plásticos y nano plásticos. A pesar de la ausencia de una descripción universal para micro plásticos, se ha adoptado un límite máximo de 5 mm como estándar. En contraste, la utilización de artículos marcados como “biodegradables” o “oxodegradables” (que se descomponen rápidamente) no parece generar un efecto relevante en la disminución de la cantidad de plástico que se desplaza a las fuentes acuáticas, como los ríos, arroyos y océanos, ni en el entorno terrestre, donde también se ha detectado su presencia (Bollaín y Vicente, 2020).

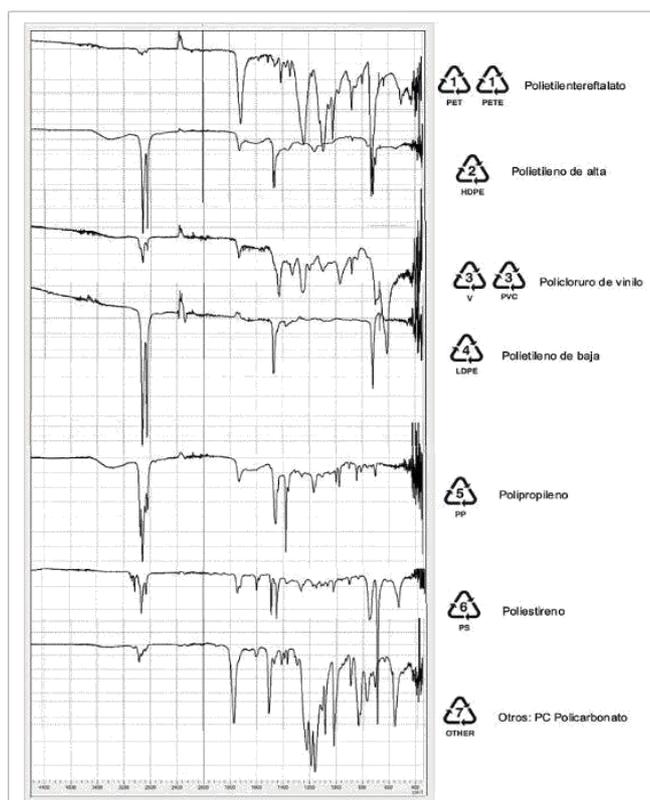
Actualmente existen 3 grandes grupos de plásticos clasificados en Termoestable, Elastómeros y los Termoplásticos; los 2 primeros grupos son difíciles de reciclar (se degradan o pierden su estructura molecular) sin embargo, el tercer grupo si permite ser reciclados y existe variedad de subproductos, los más comunes son el polietileno (PE). El polipropileno (PP), el poliestireno (PS) y el policloruro de vinilo (PVC) (Lino, 2022).

**Tabla 1.** Tipos y fuentes de microplásticos.

N°	Acrónimo	Nombre completo	Productos representativos	Símbolo de reciclaje
1	PET	Polietileno tereftalato	Botellas de agua, envasado de prod. Alimenticios, fibras sintéticas, etc.	
2	PEAD	Polietileno de alta densidad	Botella y envase de producto alimenticio y limpieza, juguetes, contenedores, etc.	
3	PEBD	Polietileno de baja densidad	Films adhesivos, embalajes bolsas, revestimientos de cubos, invernaderos, etc.	
4	PVC	Policloruro de vinilo	Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos de suelo, cables aislantes, tarjetas, etc.	
5	PP	Polipropileno	Tapas de botella, envase para productos alimenticios, piezas de automóviles, componentes eléctricos, etc.	
6	PS	Poliestireno	Envases de comidas para llevar, cubiertos desechables, etc.	
7	PES	Poliéster	Ropa de poliéster.	Sin datos
8	PA	Poliamida	Cepillo de diente.	Sin datos

**Fuente:** Lino (2022).

La técnica de espectroscopia infrarroja mediante transformada de Fourier (FTIR), sirve para en análisis e identificación de polímeros, incluyendo micro plásticos, esta técnica permite diferenciar diversas clases de polímeros ya que se obtienen espectros las cuales se pueden comparar con espectros de plástico puros (Velandia, 2017).



**Figura 2.** Espectros de los tipos de plástico puros.

**Fuente:** Velandia (2017).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales cumplen una función importante en la detención de los micro plásticos, pero al mismo tiempo tiene acceso directo al medio acuático, se debe mencionar que existen técnicas las cuales se aplican para el tratamiento de estas aguas residuales más no están diseñadas para poder retener material particulado (Minténig, et al., 2017).

También se logró identificar que las PTAR son una fuente relevante y directa de micro contaminantes y micro plásticos para el medio ambiente, en la cuarta etapa de limpieza se aplica con frecuencia el carbón activado en polvo o granular como también la ozonización o los procesos de oxidación avanzada, esta etapa está diseñada para suprimir los micro contaminantes orgánicos disueltos, pero no tiene como objetivo eliminar los sólidos dispersos como lo son micro plásticos (Sturm, et al., 2023).

Las PTAR, son instalaciones cuya finalidad es el tratamiento de aguas residuales, las cuales vienen desde diferentes puntos; casas, locales comerciales e instituciones, etc. Su función de la PTAR es la separación de residuos sólidos,

contaminantes biológicos o patógenos y lodos depende de los procesos. Luego de ser tratadas las aguas residuales, estas son vertidas a cuerpos naturales de agua (Rojas, 2020).

Las aguas residuales son aquellas aguas cuya característica principal fue modificada por actividad humana, debido a su nivel de calidad se necesita un proceso de tratamiento previo a su descarga en un cuerpo de agua natural o ser reutilizadas (OEFA, 2019).

Las aguas residuales domésticas como a su nombre se refieren provienen de origen residencial y sobre todo comercial, éstas incluyen residuos generados por la actividad humana (Caceres, et al., 2021).

La finalidad del tratamiento de aguas residuales se enfoca en mejorar la confiabilidad de las PTAR, y esto suele lograrse mediante la mecanización de los establecimientos, la promoción de la reutilización de las aguas tratadas, la disminución del consumo de energía y la eliminación de olores desagradables. La ubicación de la planta, la calidad del agua tratada y los costos operativos son factores fundamentales en este proceso (Díaz y Rodelo, 2019).

El término micro plástico (<5 mm de diámetro) comprende una extensa variedad de componentes, con características químicas y físicas únicas. El término plástico es amplio y comúnmente se refiere a cualquier tipo de polímero sintético insoluble en el agua que se puede moldear al calentar y manipular en distintas formas diseñadas para mantenerse durante el uso (Crooks, et al., 2019; Miller, et al., 2021).

Teniendo como hipótesis que, la cantidad promedio de microplásticos en la etapa pre es diferente a la cantidad promedio de microplásticos en la etapa post tratamiento en la PTAR Cortijo en Trujillo, 2024, la cantidad promedio de microplásticos en la etapa pre es diferente a la cantidad promedio de microplásticos en la etapa post tratamiento en la PTAR Covicorti en Trujillo, 2024, la eficiencia promedio de eliminación de microplásticos en la PTAR Cortijo es diferente a la eficiencia promedio de eliminación de microplásticos en la PTAR Covicorti.

## II. METODOLOGIA

El tipo de investigación es básica, ya que el propósito es la obtención de información con el fin de brindar soluciones alternativas (Alvarez, 2020). El enfoque es cuantitativo ya que se centró en la recopilación y presentación de información detallada sobre el fenómeno estudiado para comprender la concentración de micro plásticos en los tratamientos pre y post de dos PTAR de la provincia de Trujillo 2024 (Arias y Covinos, 2021). Con respecto al diseño es de tipo no experimental, porque solo es observación y no se realizó ninguna modificación en cuanto a nuestras variables (Alvarez, 2020).



**Figura 3.** Diagrama de Procedimiento.

**Fuente:** Elaboración propia.

Variable 1: Micro plásticos

Definición conceptual: Los micro plásticos son fragmentos diminutos de plástico que tienen un tamaño mínimo a 5 mm. Estos pueden originarse de manera deliberada, como parte de la producción (micro plásticos primarios), con el propósito de ser incorporados en diferentes productos de uso o como abrasivos. También pueden surgir a partir de la fragmentación de objetos plásticos más grandes (micro plásticos secundarios). Estos micro plásticos, tanto primarios como secundarios, son considerados contaminantes extremadamente persistentes y perjudiciales para los organismos (Vásquez, et al., 2021).

Definición operacional: Para establecer la existencia de los micro plásticos se determinará el % de estos en las PTAR de aguas residuales que vienen siendo contaminadas por los micro plásticos los cuales serán medidos por (gr/L). Las mezclas serán tomadas en el fondo de las PTAR, se tomarán muestras en el afluente y efluente de las dos PTAR.

Para esta variable se tomaron en cuenta las siguientes dimensiones: siendo la primera: Caracterización cualitativa de los micro plásticos con sus indicadores: a) Color, b) Forma y c) Tamaño, siendo su escala de medición Nominal e Intervalo. La secundadimensión es: Composición polimérica con sus indicadores: a) Poliéster sulfona, b) Tereftalato de polietileno, c) Polietileno, d) Poliamida, e) Poliestireno, f) Acrílico y g) Polipropileno, siendo la escala de medición la nominal para todos los indicadores. La tercera dimensión es: Cantidad de micro plásticos con su indicador: a) Microplásticos (gr/L), siendo la escala de medición razón.

Variable 2: Tratamiento pre y post de aguas residuales

Definición conceptual: La finalidad del tratamiento de aguas residuales se enfoca en mejorar la confiabilidad de las PTAR, y esto suele lograrse mediante la mecanización de los establecimientos, la promoción de la reutilización de las aguas tratadas, la disminución del consumo de energía y la eliminación de olores desagradables. La ubicación de la planta, la calidad del agua tratada y los costos operativos son factores fundamentales en este proceso (Díaz y Rodelo, 2019).

Definición operacional: Para establecer la capacidad y el buen funcionamiento de las PTAR se hará uso de los resultados obtenidos para poder distinguir la calidad y eficiencia, así mismo se puede hacer una comparación en los tratamientos de cada PTAR.

Para esta variable se han tomado en cuenta las siguientes dimensiones: siendo la primera: Eficiencia de eliminación con su indicador respectivo: a) Porcentaje (%) de eliminación, siendo la escala de medición nominal. La segunda dimensión es: Calidad del afluente con su indicador respectivo: a) Concentración de residuos sólidos, siendo la escala de medición nominal. La tercera dimensión es: Calidad del efluente con su indicador respectivo: a) Concentración de residuos sólidos, siendo la escala de medición nominal.

Se puede visualizar más detalladamente en la matriz de operacionalización de variables que se encuentra en el Anexo N°1.

La población de estudio serán las nueve PTAR de la provincia de Trujillo, teniendo como criterios de inclusión: Las PTAR ubicadas en la provincia de Trujillo, PTAR en funcionamiento, PTAR de uso municipal y como criterios de exclusión: PTAR de acceso restringido, PTAR en desuso y PTAR industrial. La muestra son las PTAR Cortijo y Covicorti.

Para conseguir organizar los resultados sobre las variables establecidas se utilizó la técnica de observación ya que con esta técnica podremos identificar, contabilizar y posteriormente caracterizar por la forma, color y tamaño mediante el microscopio estereoscópico. Para el recojo de información se elaboró una ficha de observación como instrumento para poder caracterizar los micro plásticos de manera ordenada, este instrumento fue validado por cuatro expertos y se detalla en el Anexo N°2.

Para el análisis de los datos y los resultados se utilizó el programa Excel (Versión 2021) y el software estadístico IBM SPSS Statistics (Versión 25.0) y se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión (promedio y desviación estándar), la diferencia de la cantidad promedio de microplásticos en las etapas pre y post tratamiento de las PTAR Cortijo y Covicorti se probó mediante la prueba de t student para muestras relacionadas y para comparar la eficiencia promedio de eliminación de microplásticos en las PTAR Cortijo y Covicorti se empleó la prueba t student para muestras independientes, con un valor Alpha de 5% para probar diferencias significativas.

De acuerdo a las Resoluciones de Consejo Universitario N° 0101-2022/UCV y la N° 0470-2022/UCV, nos mencionan los objetivos, principios (integridad, honestidad, objetividad, veracidad, responsabilidad y transparencia), normas y faltas a la ética en investigación que tenemos que tener presente para el desarrollo de nuestra investigación, es por ello que asumimos el compromiso y toda la responsabilidad respecto a la autenticidad y confiabilidad de los resultados que se obtengan en el trabajo de investigación.

### III. RESULTADOS

En la siguiente investigación se comenzará resolviendo de forma precisa y puntual el objetivo general para finalmente terminar con los objetivos específicos.

**Tabla 2.** *Cantidad de microplásticos de la PTAR Cortijo.*

Muestra	Microplásticos (Frag)
Pretratamiento	175
Postratamiento	80
Total	255

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 2, se puede presenciar que hay un total de 255 fragmentos de microplásticos en la PTAR Cortijo, teniendo en la etapa pretratamiento 175 fragmentos y en la etapa postratamiento 80 fragmentos.

**Tabla 3.** *Cantidad de microplásticos de la PTAR Covicorti.*

Muestra	Microplásticos (Frag)
Pretratamiento	120
Postratamiento	61
Total	181

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 3, se puede presenciar que hay un total de 181 fragmentos de microplásticos en la PTAR Covicorti, teniendo en la etapa pretratamiento 120 fragmentos y en la etapa postratamiento 61 fragmentos.

Para estimar la cantidad de vertimiento de microplásticos en las PTAR Cortijo y Covicorti se trabajó en con el programa Excel (Versión 2021) haciendo una estimación mensual de los volúmenes ( $m^3$ ) de agua residual tratada, así como también del vertimiento promedio mensual ( $m^3$ ) que se vierten hacia los cuerpos naturales de agua.

**Tabla 4.** Vertimiento de aguas residuales tratadas de la PTAR Cortijo.

Año	Mes	Volumen (m <sup>3</sup> )	Vertimiento promedio mensual (m <sup>3</sup> )
2023	Enero	217,224.23	237,278.44
	Febrero	230,193.19	
	Marzo	222,250.41	
	Abril	229,217.86	
	Mayo	230,673.65	
	Junio	219,530.94	
	Julio	357,927.25	
	Agosto	245,748.11	
	Septiembre	193,262.26	
	Octubre	244,914.43	
	Noviembre	234,863.57	
	Diciembre	221,535.37	

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4 se muestra la cantidad de vertimiento de aguas residuales tratadas por la PTAR Cortijo durante el año 2023. El volumen mensual varía, alcanzando un pico en julio con 357,927.25 m<sup>3</sup> y el valor más bajo en septiembre con 193,262.26 m<sup>3</sup>. El vertimiento promedio mensual es de 237,278.44 m<sup>3</sup>.

**Tabla 5.** Vertimiento de aguas residuales tratadas de la PTAR Covicorti.

Año	Mes	Volumen (m <sup>3</sup> )	Vertimiento promedio mensual (m <sup>3</sup> )
2023	Enero	662,653.53	637,586.90
	Febrero	604,634.35	
	Marzo	628,751.87	
	Abril	645,910.79	
	Mayo	648,804.45	
	Junio	628,161.63	
	Julio	586,903.69	
	Agosto	617,657.56	

	Septiembre	665,600.86	
	Octubre	637,675.03	
	Noviembre	641,485.25	
	Diciembre	682,803.76	

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 5 se muestra la cantidad de vertimiento de aguas residuales tratadas por la PTAR Covicorti durante el año 2023. El volumen mensual varía, alcanzando un pico en diciembre con 682,803.76 m<sup>3</sup> y el valor más bajo en julio con 586,903.69 m<sup>3</sup>. El vertimiento promedio mensual es de 637,586.90 m<sup>3</sup>.

Luego de hallar el vertimiento promedio mensual (m<sup>3</sup>) de las aguas residuales de las PTAR Cortijo y Covicorti se tomará el valor de la cantidad de microplásticos encontrados en la etapa de postratamiento para poder estimar la cantidad de microplásticos vertidos de ambas PTAR.

**Tabla 6.** *Microplásticos vertidos de las PTAR Cortijo y Covicorti.*

PTAR	Microplásticos postratamiento	Vertimiento promedio mensual (m <sup>3</sup> )	Cantidad de microplásticos vertidos
Cortijo	80	237,278.44	4,75E+09
Covicorti	61	637,586.90	3,62E+09

**Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 6 presenta datos sobre la cantidad de microplásticos vertidos por las PTAR Cortijo y Covicorti. Cortijo tiene un vertimiento promedio mensual de 237,278.44 m<sup>3</sup> y una cantidad de microplásticos vertidos de 4.75E+09. Covicorti, con un vertimiento promedio mensual de 637,586.90 m<sup>3</sup>, vierte 3.62E+09 microplásticos.

Se identificaron las características de los micro plásticos encontrados en las 2 PTAR (Cortijo y Covicorti), la información se obtuvo mediante el microscopio estereoscópico. Las formas encontradas fueron fragmentos (FR), fibras (FB) y películas (PL). Entre los tamaños encontrados están en un rango de 1mm a 5mm. Por último, se logró identificar una variedad de colores que incluye rosado, rojo, negro, blanco, azul, verde, amarillo, transparente, morado, anaranjado, gris y beige.

**Tabla 7.** Cantidad de formas totales de microplásticos de la PTAR Cortijo.

Muestra	Fragmentos (partícula/L)	Fibras (partícula/L)	Películas (partícula/L)	Total (partícula/L)
Pretratamiento	123	45	7	175
Postratamiento	62	18	0	80

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 7 se presentan las formas totales de microplásticos en las etapas del pre y post tratamiento de la PTAR Cortijo, teniendo en total 175 formas partícula/L en la etapa del pre tratamiento y 80 formas partícula/L en la etapa del postratamiento, de acuerdo al total se logran eliminar 95 formas partícula/L en la PTAR Cortijo.

**Tabla 8.** Cantidad de formas totales de microplásticos de la PTAR Covicorti.

Muestra	Fragmentos (partícula/L)	Fibras (partícula/L)	Películas (partícula/L)	Total (partícula/L)
Pretratamiento	78	29	13	120
Postratamiento	45	14	2	61

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 8 se presentan las formas totales de microplásticos en las etapas del pre y post tratamiento de la PTAR Covicorti, teniendo en total 120 formas partícula/L en la etapa del pretratamiento y 61 formas partícula/L en la etapa del postratamiento, de acuerdo al total se logran eliminar 59 formas partícula/L en la PTAR Covicorti.

**Tabla 9.** Cantidad de tamaños totales de microplásticos de la PTAR Cortijo.

Muestra	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	Total (mm)
Pretratamiento	114	36	11	2	12	175
Postratamiento	43	26	8	3	0	80

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 9 se presentan los tamaños totales de microplásticos en las etapas del pre y post tratamiento de la PTAR Cortijo, teniendo en total 175 tamaños en mm en

la etapa del pretratamiento y 80 tamaños en mm en la etapa del postratamiento, de acuerdo al total se logran eliminar 95 tamaños en mm en la PTAR Cortijo.

**Tabla 10.** *Cantidad de tamaños totales de microplásticos de la PTAR Covicorti.*

Muestra	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	Total (mm)
Pretratamiento	74	33	11	2	0	120
Postratamiento	47	11	2	1	0	61

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 10 se presentan los tamaños totales de microplásticos en las etapas del pre y post tratamiento de la PTAR Covicorti, teniendo en total 120 tamaños en mm en la etapa del pretratamiento y 61 tamaños en mm en la etapa del postratamiento, de acuerdo al total se logran eliminar 59 tamaños en mm en la PTAR Covicorti.

**Tabla 11.** *Tipo de colores y frecuencia de microplásticos de la PTAR Cortijo.*

Muestra	Pretratamiento	Postratamiento
Rosado	15	8
Rojo	11	9
Negro	42	9
Blanco	13	6
Azul	7	3
Verde	15	8
Amarillo	11	8
Transparente	28	12
Morado	1	0
Anaranjado	15	8
Gris	14	9
Beige	3	0
Total	175	80

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 11 se presentan los colores totales de microplásticos en las etapas del pre y post tratamiento de la PTAR Cortijo, teniendo en total 175 colores en la etapa del pretratamiento y 80 colores en la etapa del postratamiento, de acuerdo al total se logran eliminar 95 colores en la PTAR Cortijo.

**Tabla 12.** Tipo de colores y frecuencia de microplásticos de la PTAR Covicorti.

Muestra	Pretratamiento	Postratamiento
Rosado	13	3
Rojo	11	7
Negro	24	13
Blanco	10	3
Azul	3	3
Verde	13	3
Amarillo	9	5
Transparente	21	12
Morado	0	0
Anaranjado	11	7
Gris	2	1
Beige	3	4
Total	120	61

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 12 se presentan los colores totales de microplásticos en las etapas del pre y post tratamiento de la PTAR Covicorti, teniendo en total 120 colores en la etapa del pretratamiento y 61 colores en la etapa del postratamiento, de acuerdo al total se logran eliminar 59 colores en la PTAR Covicorti.

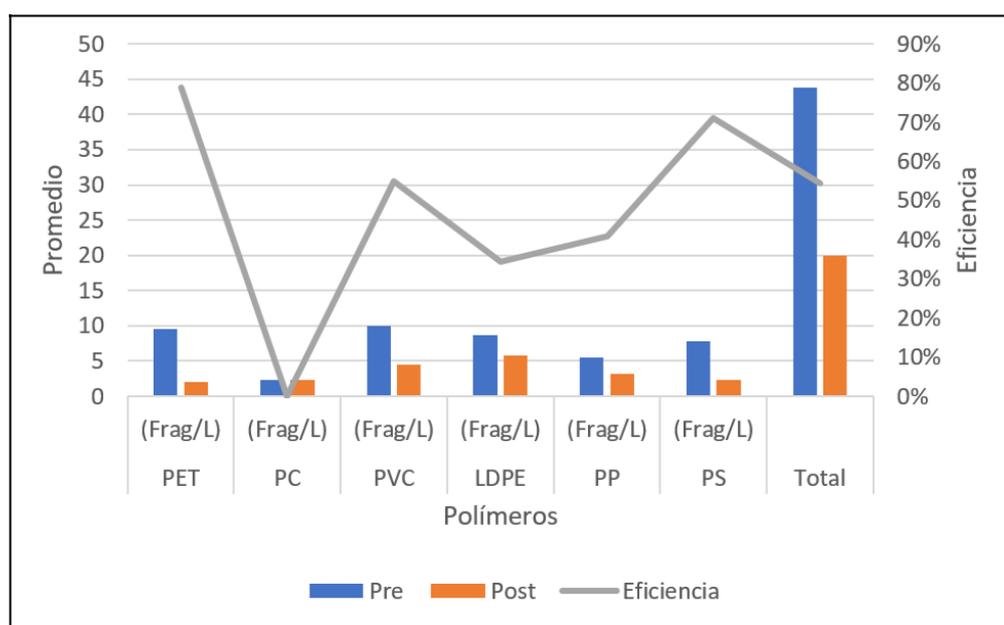
Para el análisis espectrométrico, se analizaron las 16 muestras totales de las dos PTAR, se consideraron 3 puntos de cada muestra en total 48 para ser sometidas al método de evaluación en espectrómetro Nicolet iS50 FTIR, mediante este método se pueden detectar microplásticos estimulando vibraciones moleculares con el espectro infrarrojo y estos espectros son el resultado que se visualiza en el Anexo 6.

Se identificaron microplásticos en las 16 muestras de agua residual tomadas en las 2 PTAR (Cortijo y Covicorti). Entre los polímeros identificados se encuentran el PET, PC, PVC, LDPE, PP y PS.

**Tabla 13.** Eficiencia de eliminación de polímeros de la PTAR Cortijo.

Muestra	PET (Frag/L)	PC (Frag/L)	PVC (Frag/L)	LDPE (Frag/L)	PP (Frag/L)	PS (Frag/L)	Total (Frag/L)
Pretratamiento	9,5	2,25	10	8,75	5,50	7,75	43,75
Postratamiento	2	2,25	4,50	5,75	3,25	2,25	20
Eficiencia	79%	0%	55%	34%	41%	71%	54%

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 4.** Polímeros de microplásticos de la PTAR Cortijo.

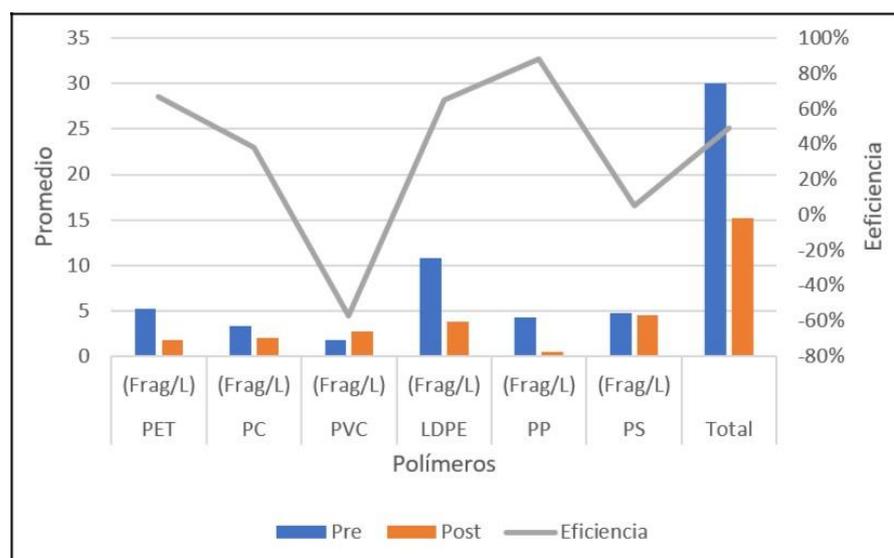
**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 13 se presentan los promedios de los polímeros en las etapas del pre y post tratamiento de la PTAR Cortijo, teniendo una suma total de los promedios en las etapas del pre y post tratamiento siendo 43,75 polímeros frag/L y 20 polímeros frag/L respectivamente, teniendo una eficiencia del 54% en eliminación de polímeros de microplásticos. Asimismo, en la figura 4, se observa que el polímero que se redujo considerablemente fue el PET y el PS teniendo una eficiencia en eliminación del 79% y 71% respectivamente.

**Tabla 14.** Eficiencia de eliminación de polímeros de la PTAR Covicorti.

Muestra	PET (Frag/L)	PC (Frag/L)	PVC (Frag/L)	LDPE (Frag/L)	PP (Frag/L)	PS (Frag/L)	Total (Frag/L)
Pretratamiento	5,25	3,25	1,75	10,75	4,25	4,75	30
Postratamiento	1,75	2	2,75	3,75	0,50	4,50	15,25
Eficiencia	67%	38%	-57%	65%	88%	5%	49%

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.** Polímeros de microplásticos de la PTAR Covicorti.

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 14 se presentan los promedios de los polímeros en las etapas del pre y post tratamiento de la PTAR Covicorti, teniendo una suma total de los promedios en las etapas del pre y post tratamiento siendo 30 polímeros frag/L y 15,25 polímeros frag/L respectivamente, teniendo una eficiencia del 49% en eliminación de polímeros de microplásticos. Asimismo, en la figura 5, se observa que el polímero que se redujo considerablemente fue el PP teniendo una eficiencia en eliminación del 88%.

Se utilizaron las pruebas t student para muestras relacionadas en este caso para hallar la diferencia entre cantidades promedios de microplásticos y la prueba t student para muestras independientes para hallar la eficiencia promedio de eliminación de microplásticos.

H<sub>0</sub>: No existe diferencia entre la cantidad promedio de microplásticos en la etapa del pretratamiento y postratamiento de la PTAR Cortijo.

H<sub>1</sub>: Existe diferencia entre la cantidad promedio de microplásticos en la etapa del pretratamiento y postratamiento de la PTAR Cortijo

Se obtuvo como resultado la significancia  $p= 0,015$  por lo que no se rechaza la hipótesis alterna: Existe diferencia entre la cantidad promedio de microplásticos en la etapa del pretratamiento y postratamiento de la PTAR Cortijo

**Tabla 15.** Prueba t para muestras relacionadas.

PTAR	Etapa	Media cantidad MP	Desviación estándar	Estadístico t	P-Valor
Cortijo	Pre	43,75	6,45	5,037	0,015
	Post	20	4,40		
Covicorti	Pre	30	7,10	3,26	0,047
	Post	15,25	3,90		

**Fuente:** Elaboración propia.

H<sub>0</sub>: No existe diferencia entre la cantidad promedio de microplásticos en la etapa del pretratamiento y postratamiento de la PTAR Covicorti.

H<sub>1</sub>: Existe diferencia entre la cantidad promedio de microplásticos en la etapa del pretratamiento y postratamiento de la PTAR Covicorti

Se obtuvo como resultado la significancia  $p= 0,047$  por lo que no se rechaza la hipótesis alterna: Existe diferencia entre la cantidad promedio de microplásticos en la etapa del pretratamiento y postratamiento de la PTAR Covicorti

**Tabla 16.** Prueba *t* para muestras independientes.

PTAR	Eficiencia promedio	Desviación estándar	Estadístico t	P-Valor
Cortijo	54%	16,02	0.518	0.623
Covicorti	49%	23,26		

**Fuente:** Elaboración propia.

H<sub>0</sub>: No existe diferencia en la eficiencia promedio de eliminación de microplásticos entre la PTAR Cortijo y la PTAR Covicorti.

H<sub>1</sub>: Existe diferencia en la eficiencia promedio de eliminación de microplásticos entre la PTAR Cortijo y la PTAR Covicorti.

Se obtuvo como resultado la significancia  $p= 0.623$  por lo que se acepta la hipótesis nula: No existe diferencia en la eficiencia promedio de eliminación de microplásticos entre la PTAR Cortijo y la PTAR Covicorti.

#### IV. DISCUSIÓN

Uno de los resultados de la investigación, se enfocaron en determinar la cantidad de microplásticos en las etapas de pre y post tratamiento de las PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024, revelaron una cantidad total de 255 fragmentos en Cortijo (175 en el pretratamiento y 80 en el postratamiento) y 181 fragmentos en Covicorti (120 en el pretratamiento y 61 en el postratamiento). Al comparar estos resultados con estudios previos, se observan diferencias y similitudes en las cantidades de microplásticos. Por ejemplo, el estudio de Tendani et al. (2023) encontró concentraciones en el rango de 145-180 MPs/L en el afluente y 21-138 MPs/L en el efluente en sus plantas de tratamiento, mostrando una variabilidad similar a la observada en mis resultados. En la investigación de Fuentes (2022), se encontraron 409 partículas en 64 litros de agua, con un promedio de  $67,5 \pm 11,7$  Frag/Lt en el afluente y  $17,4 \pm 1$  Frag/Lt en el efluente. Otros estudios, como el de Pedrotti et al. (2021) registraron que las lavadoras domésticas emiten un promedio de  $13 \times 10^6$  microfibras por  $m^3$ , con una alta eficiencia de eliminación, aunque aún ingresan al ambiente marino 4,3 mil millones de microfibras diariamente. Por otro lado, Mamá et al. (2024) encontraron en sus estudios que las plantas de tratamiento contenían  $15,5 \pm 3,5$  partículas/L y  $38,5 \pm 2,5$  partículas/L, respectivamente. La variabilidad en las cantidades de microplásticos entre diferentes estudios puede atribuirse a factores como las técnicas de muestreo, los métodos de tratamiento utilizados y las características específicas de las plantas de tratamiento. Estos antecedentes resaltan la importancia de un monitoreo continuo y detallado para entender mejor la dinámica de los microplásticos en las aguas residuales y mejorar los procesos de tratamiento.

En la presente discusión se comparan las cantidades de microplásticos vertidos por las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Cortijo y Covicorti en Trujillo. De acuerdo con los resultados de la investigación, la PTAR Cortijo presenta un vertimiento promedio mensual de 237,278.44  $m^3$  de aguas residuales, con una estimación de  $4,75 \times 10^9$  microplásticos vertidos. Por otro lado, la PTAR Covicorti tiene un vertimiento promedio mensual de 637,586.90  $m^3$ , con una cantidad estimada de  $3,62 \times 10^9$  microplásticos vertidos. En comparación, el estudio de Hazrati et al. (2023) en Irán muestra que las PTAR, a pesar de tener una alta

eficiencia de eliminación de microplásticos (entre 94,3% y 99,2%), siguen liberando grandes cantidades al medio ambiente. Además, Pedrotti et al. (2021) reportaron que la planta Haliotis en Niza, a pesar de su alta eficiencia de eliminación (87,5% a 98,5%), libera aproximadamente 4,3 mil millones de microfibras al ambiente marino diariamente. Estos antecedentes demuestran que, aunque las PTAR en Trujillo y otras partes del mundo tienen sistemas de tratamiento eficientes, la cantidad de microplásticos vertidos sigue siendo significativa, subrayando la necesidad de mejorar los procesos de tratamiento para reducir la contaminación por microplásticos en los cuerpos de agua naturales.

Las formas de micro plásticos presentes en las aguas residuales influyen significativamente en la eficacia de su eliminación. Según su clasificación y tamaño, los micro plásticos más grandes, cercanos a los 5 mm, son más fáciles de eliminar. En cambio, los más pequeños pueden pasar a través de los distintos procesos empleados en las plantas de tratamiento. Según Meng et al. (2023), señalan que los microplásticos en forma de fibras son los más difíciles de eliminar, con un promedio del 49,3% en aguas residuales y en el estudio de Fuentes (2022), Los mini microplásticos predominaban con un 89%, principalmente en formas de micro fragmentos (52%) y microfibras (41%). En esta investigación identificamos fragmentos, fibras y películas en las muestras de las PTAR Cortijo y Covicorti, siendo las fibras que tienen concentraciones regulares en ambas PTAR. Este hallazgo es relevante y es un punto del cual se tiene que tener en cuenta ya que debido a su estructura y tamaño (1 a 5 mm) pueden pasar del afluente al efluente más fácilmente que las películas y fragmentos.

En el estudio también se destaca una notable diversidad de colores presentes en los micro plásticos identificados tanto antes como después del tratamiento. Según la investigación, se encontraron microplásticos de colores rosado, rojo, negro, blanco, azul, verde, amarillo, transparente, morado, anaranjado, gris y beige. Estos hallazgos difieren de los resultados obtenidos por Satiadewi et al. (2023), donde las partículas de color blanco constituían el 35% y las translúcidas un 17,2% del total; la presencia de una amplia gama de colores en los micro plásticos puede deberse a diversas fuentes de contaminación, incluyendo productos industriales, domésticos y comerciales. Los micro plásticos negros y transparentes podrían ser predominantes debido a su uso común en productos de consumo como envases y

textiles, así como su durabilidad y resistencia a la degradación. La diferencia con los resultados de Satiadewi et al. (2023) puede explicarse por variaciones regionales en el uso y desecho de plásticos, así como diferencias en los métodos de muestreo y análisis.

En cuanto al tipo de polímeros presente en las PTAR Cortijo y Covicorti, se encontró seis tipos de polímeros, los cuales son el tereftalato de polietileno (PET), policarbonato (PC), Policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP) y el poliestireno (PS). Estos resultados coinciden con el estudio de Meng et al. (2023), quienes mencionan haber encontrado cuatro tipos de micro plásticos (PE, PP, PS y PVC) en una planta de tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, en la investigación de Yuvedha et al. (2019), analizo muestras de una planta de tratamiento de aguas residuales teniendo como resultados la presencia de siete tipos de micro plásticos como son PEHD, PP, PELD, PVC, PTFE, PS y PET, finalmente en el estudio de Fuentes (2022), se identificaron 11 tipos de polímeros en el agua residual de la planta de tratamiento de agua residual media luna (PTAR-ML), incluyendo PE, PA, PES, PS, PET, PVC, PMMA, HDPE, LDPE y PC; estos coinciden con algunos de los tipos de micro plástico encontrados en las PTAR Cortijo y Covicorti.

Adicionalmente, en investigaciones y artículos indagados se destacan el predominio del polietileno (PE) y polipropileno (PP) estos son los más comunes ya que estos polímeros provienen de envases, bolsas de plástico, tuberías, contenedores de alimentos, tapas de botellas, fibras de alfombras componentes automotrices entre otros, similar a lo encontrado por Fuentes (2022), donde estos polímeros también presentaron las concentraciones más altas. En la investigación, los micro plásticos predominantes fueron el polietileno de baja densidad (LDPE), corroborando la alta prevalencia de este polímero en las aguas residuales tratadas.

La eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en la eliminación de micro plásticos ha sido ampliamente documentada en varias investigaciones. En un estudio realizado por Satiadewi et al. (2023), se demostró que una planta de tratamiento en Indonesia logró eliminar casi el 90% de los microplásticos presentes en las aguas residuales, esto se debe a la buena infraestructura de la PTAR, sumándole a ello a que también emplean buenas

técnicas ambientales. Por otro lado, Know et al. (2022) encontraron que cada PTAR puede eliminar una cantidad significativa de microplásticos desde el agua de entrada hasta la salida, con una eficiencia general del 74,76% en la eliminación de microplásticos en aguas residuales. Además, Hernández et al. (2022) señalan que el tratamiento inicial no logró eliminar más del 58% de los microplásticos, mientras que las plantas con tratamiento secundario de lodos activados alcanzaron una eliminación del 90% al 96,9%, esto se debe a que el tratamiento inicial, o primario, se enfoca principalmente en la eliminación de sólidos grandes y sedimentos a través de procesos físicos como la sedimentación y el filtrado, los cuales no son completamente efectivos para capturar partículas más pequeñas como los microplásticos. Por otro lado, el tratamiento secundario de lodos activados incluye procesos biológicos y químicos más avanzados, como la biodegradación y la coagulación-floculación, que son más eficientes en la captura y eliminación de microplásticos presentes en el agua residual. En contraste con este estudio, se concluye que la PTAR de Cortijo tiene una eficiencia del 54% en la eliminación de microplásticos, siendo la que alcanza la mayor eliminación, aunque mínima a comparación de la PTAR Covicorti que se registra una eliminación del 49% de microplásticos, esto se debe a que ambas plantas, ubicadas en América del Sur, utilizan lagunas aireadas como método principal de tratamiento, las cuales son menos eficaces en la eliminación de microplásticos en comparación con tratamientos secundarios y terciarios. La aireación mejora la degradación de materia orgánica, pero no captura eficazmente microplásticos. Además, factores como el diseño de la laguna, la eficiencia de la aireación, la retención del agua y las características de las aguas residuales influyen en la eficacia de cada planta. La escasa cultura ambiental en la región, la falta de inversión en tecnologías avanzadas y la limitada supervisión y mantenimiento de las instalaciones también contribuyen a la baja eficacia en la eliminación de microplásticos.

## V. CONCLUSIONES

La investigación indicó que en la PTAR Cortijo se encontraron un total de 255 fragmentos de microplásticos, con 175 fragmentos en la etapa de pretratamiento y 80 fragmentos en la etapa de postratamiento. En la PTAR Covicorti, se hallaron 181 fragmentos, distribuidos en 120 fragmentos en la etapa de pretratamiento y 61 fragmentos en la etapa de postratamiento. Estos datos evidencian la presencia significativa de microplásticos en ambas plantas, con una notable reducción tras el tratamiento.

Se estimó que la PTAR Cortijo vierte un promedio mensual de  $4,75E+09$  microplásticos, mientras que la PTAR Covicorti vierte aproximadamente  $3,62E+09$  microplásticos al mes. Estas cifras subrayan la magnitud del problema de los microplásticos y la necesidad de mejorar las tecnologías de tratamiento para reducir estas cantidades.

En cuanto a las formas, se identificaron fragmentos, fibras y películas. Los tamaños de los microplásticos varían entre 1 mm y 5 mm, y los colores detectados incluyen rosado, rojo, negro, blanco, azul, verde, amarillo, transparente, morado, anaranjado, gris y beige. La caracterización cualitativa reveló la diversidad de microplásticos presentes y proporcionó información detallada sobre sus características físicas.

El estudio ha revelado la presencia de seis tipos diferentes de polímeros, específicamente PET (tereftalato de polietileno), PC (policarbonato), PVC (cloruro de polivinilo), LDPE (polietileno de baja densidad), PP (polipropileno) y PS (poliestireno). PET y PP son comunes en botellas y envases, mientras que PVC se usa en tuberías y materiales de construcción, y LDPE en bolsas de plástico. La PTAR Cortijo mostró una eficiencia promedio de eliminación de microplásticos del 54%, destacándose la eliminación del PET con un 79% y del PS con un 71%. La PTAR Covicorti presentó una eficiencia del 49%, con una mayor eliminación del PP con un 88%. Estos resultados reflejan una variabilidad en la eficacia de las plantas para eliminar diferentes tipos de polímeros, lo que subraya la necesidad de optimizar los procesos de tratamiento para mejorar la eficiencia en la reducción de microplásticos.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda extender el período de muestreo a lo largo de un año completo para capturar la variabilidad estacional en la concentración de microplásticos. Estudios previos han demostrado que las concentraciones de microplásticos pueden variar significativamente entre estaciones (Tendani et al., 2023; Setiadewi et al., 2023).

Se sugiere utilizar técnicas avanzadas de análisis químico, como la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y la espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), para una identificación más precisa de los tipos de polímeros presentes en las muestras (Pedrotti et al., 2021). Estas plantas deben ser equipadas con sistemas de filtración por membrana, tecnologías de oxidación avanzada y métodos de biorremediación que puedan eliminar eficientemente los microplásticos (Herrera et al., 2021). La inversión en investigación y desarrollo para mejorar estos sistemas es crucial. Además, es necesario establecer estándares mínimos de calidad del agua que incluyan límites específicos para la concentración de microplásticos en el efluente, asegurando así que las aguas tratadas no contribuyan a la contaminación del medio ambiente.

Investigar las principales fuentes de microplásticos en las áreas de influencia de las PTAR, como el lavado de ropa y el uso de productos plásticos domésticos. Estudios detallados pueden ayudar a identificar medidas preventivas específicas para reducir la entrada de microplásticos en los sistemas de tratamiento (Mamá et al., 2024)

Es fundamental que los gobiernos implementen legislación específica que regule la presencia y el tratamiento de microplásticos en las aguas residuales. Estas leyes deben exigir a las PTAR que adopten tecnologías avanzadas de eliminación de microplásticos y que monitoreen regularmente la concentración de estos contaminantes en sus afluentes y efluentes.

## REFERENCIAS

ÁLVAREZ Risco, Aldo. *Clasificación de las investigaciones*. 2020 Ulima.edu.pe [en línea], [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10818>

ARENAS Herrera, Gabriela Estela; PONCE Cajavilca, Karinna Milagros. *Análisis de los métodos de tratamientos biológicos en procesos mineros para la gestión de aguas residuales y relaves*. 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstreams/4c2b8456-aed4-474c-a56d-8aed94a6d4de/download>

ARIAS Gonzáles, José Luis; COVINOS Gallardo, Mitsuo. *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL, 2021, vol. 1, p. 66-78. ISBN: 978-612-48444-2-3. Disponible en: [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias\\_S2.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf)

BERMEO Sierra, Teddy Israel; LOZA Pavón, Sebastián Javier; ANDRADE Mora, Diego Sebastián y CELI Simbaña, Stalin Santiago. *Microplásticos, un problema de salud pública emergente*. Revista información científica. 2023, 102(1). ISSN 1028-9933. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-99332023000100041&lng=en&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-99332023000100041&lng=en&tlng=en)

BOLLAÍN Pastor, Clara; VICENTE Agulló, David. Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. Revista española de salud pública, 2020, vol. 93, p. e201908064. ISSN 1135-5727. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272019000100012](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272019000100012)

CACERES Pom, Deybi Karin; CALISAYA Vera, Gisela Milagros y BEDOYA Justo, Edgar. Eficiencia de *Eisenia foetida*, *Eichornia crassipes* e hipoclorito de calcio en la depuración de aguas residuales domésticas en Moquegua, Perú. Ecol. apl. [online]. 2021, vol.20, n.1 [citado 2023-10-26], pp.83-92. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162021000100083&lng=es&nrm=iso>ISSN1726-2216](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162021000100083&lng=es&nrm=iso>ISSN1726-2216). <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i1.1692>.

CASTAÑETA, G., GUTIÉRREZ, A.F., NACARATTE, F. y MANZANO, C.A. *Microplastics: a contaminant that grows in all environmental areas, its characteristics and possible risks to public health from exposure*. Revista 35 Boliviana de Química. 2020, vol. 37, no. 3, pp. 142-157. ISSN 0250-5460. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-54602020000300005&lang=en](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602020000300005&lang=en)

Crawford, C. B., & Quinn, B. *Microplastic Pollutants*. 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/c2015-0-04315-5>

CROOKS, Neil, Hannah PARKER and Angelo P. PERNETTA. *Brain food? Trophic transfer and tissue retention of microplastics by the velvet swimming crab (Necora puber)*. *Journal of experimental marine biology and ecology* [online]. 2019, 519, 151187-. ISSN 0022-0981. Disponible en: [doi:10.1016/j.jembe.2019.151187](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.151187)

Díaz, A. L. y Rodelo, E. P. *Evaluación de materiales bioadsorbentes modificados térmicamente en la remoción de nutrientes presentes en aguas residuales municipales de la ciudad de Barranquilla* (tesis de pregrado). 2019, Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11323/4914>

DEL Rosario, Nicole, et al. Los envases de plástico y su impacto. *Semilla científica: Revista de investigación formativa*, 2020, p. 268-279. Disponible en: <https://repositorio.umecit.edu.pa/handle/001/4729>

FUENTES Mamani, David Josue. *Determinación de la presencia de microplásticos (MPs) en el agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales media luna, provincia de Ilo-2020*. 2021. [https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/300/D095\\_421749\\_18\\_T-1658355032.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/300/D095_421749_18_T-1658355032.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

GUTIÉRREZ, Jesús Rivas; CORTÉS, María del Carmen Gracia; BAÑUELOS, José Ricardo Gómez. *Los plásticos y el daño a la salud de los seres vivos ya los ecosistemas*. *Biocenosis*, 2023, vol. 34, no 1, p. 93-103. Disponible en: <https://doi.org/10.22458/rb.v34i1.4828>

HAZRATI, Jaafarzadeh, et al. Liberación de microplásticos al medio ambiente a través de plantas de tratamiento de aguas residuales: estudio sobre cuatro tipos de procesos de tratamiento de aguas residuales. *Contaminación del agua, el aire y el suelo*, 2023 234 (9), art. núm. 589. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06594-0>

HERNÁNDEZ Fernández, Joaquín, et al. *Identificación y cuantificación de microplásticos en efluentes de depuradora de aguas residuales mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC)*. *Sostenibilidad*, 2022, vol. 14, núm. 9, pág.4920. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su14094920>

KWON, H.J., HIDAYATURRAHMAN, H., SHAIK, G.P. and LEE, T.G. *Elimination of Microplastics at Different Stages in Wastewater Treatment Plants*. *Water*, 2022, vol. 14, no. 15. pp. 2404 ProQuest Central. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w14152404>

LINO Tolentino, Lucerito Jimena. *Microplástico en el agua y sedimentos de los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla en la ciudad de Aucayacu*. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/51dfc8ca-867b-495e-82e0-909292716eab/content>

MAMÁ, M, et al. Comprensión de la presencia de microplásticos en diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales: Eficiencia de eliminación e identificación de la fuente. *Science of the Total Environment*, 2024. 929, art. no. 172680. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85191199705&doi=10.1016%2fj.scitotenv.2024.172680&partnerID=40&m>

MENG, X., BAO, T., HONG, L. and WU, K. *Occurrence Characterization and Contamination Risk Evaluation of Microplastics in Hefei's Urban Wastewater Treatment Plant*. *Water*, 2023, vol. 15, no. 4, pp. 686 ProQuest Central. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w15040686>

MILLER, Ezra, Meg SEDLAK, Diana LIN, Carolynn BOX, Christopher HOLLEMAN, Chelsea M. ROCHMAN and Rebecca SUTTON. *Recommended best practices for collecting, analyzing, and reporting microplastics in environmental media: Lessons learned from comprehensive monitoring of San*

*Francisco Bay*. Journal of hazardous materials [online]. 2021, 409, 124770-. ISSN 0304-3894. Dostupnén z: doi:10.1016/j.jhazmat.2020.124770.

Ministerio del Ambiente. *Cifras del mundo y el Perú*, MINAM, 2020. [en línea]. [Consulta: 10 abril 2024]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

Mintenig, S. M., Int-Veen, I., Löder, M. G. J., Primpke, S., & Gerdts, G. *Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging*. 2017, Water Research, 108,365–372. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.015>

MPHAGA, Tendani, et al. Identificación y cuantificación de microplásticos en plantas de tratamiento de aguas residuales mediante técnicas espectroscópicas y microscópicas en Johannesburg East, Sudáfrica. *Water Practice & Technology* , 2023, vol. 18, no 12, p. 3124-3140. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.215>

OEFA. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales, 2019. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

PEDROTTI, ML, et al. Contaminación por microfibras antropogénicas en el noroeste del mar Mediterráneo y eficiencia de la eliminación de microfibras por una planta de tratamiento de aguas residuales. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 758, pág. 144195. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720377263>

PELÁEZ Villa, Simón. Uso de la electrocoagulación como alternativa para la eliminación de micro plásticos presentes en las aguas residuales urbanas. 2020. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/109730>

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 0101-2022/UCV. *Reglamento de Investigación de la Universidad César Vallejo*. Disponible en: <https://www.ucv.edu.pe/wp-content/uploads/2022/06/RCU.-No-0101-2022-UCV-Aprueba-el-Reglamento-de-Investigacion-V03.pdf>

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 0470-2022/UCV. *Código de Ética en Investigación de la Universidad César Vallejo*. Disponible en: <https://www.ucv.edu.pe/wp-content/uploads/2020/09/RCUN%C2%B0470-2022-UCV-Aprueba-actualizacion-del-Codigo-de-Etica-en-Investigacion-V01.pdf>

ROJAS, Ricardo. Sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Gestión integral de tratamiento de aguas residuales*, 2002, vol. 1, no 1, p. 8-15. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION\\_INTEGRAL\\_DE\\_L\\_TRATAMIENTO\\_AR-libre.pdf?1533264908=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCurso\\_Internacional\\_GETION\\_INTEGRAL\\_DE\\_T.pdf&Expires=1697085023&Signature=C6oW54QguLC4j-ZP51cq49RHC~xgHe46uGxrpzine49BF59q8fEtLugnaRvoLseLTBILgImPUOXhI2W95m9BQONHjz-FbltopiTAPY-whLXUaSTnbOgDuWZrth6tSP-i4LcKwD3RBfUzPwjLm~5tlw68E2FPpgtb7NIZF~lt1VbQmSAqYia67ro81B~EURq4naP-DcYBv5vox2dEqW5dj9F1HMkQHyUIKLHmi1TzM0mALEtTmIVMcRcJYBuXXnKlw6330pDrVukVcvmmAqRbkGIOqVUTRXXYJqPgKx0ZUaqjf9Cbpxn55l7nfmWY7bcxQ6UgA8LRHTUVgZgs3DUFPA&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION_INTEGRAL_DE_L_TRATAMIENTO_AR-libre.pdf?1533264908=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCurso_Internacional_GETION_INTEGRAL_DE_T.pdf&Expires=1697085023&Signature=C6oW54QguLC4j-ZP51cq49RHC~xgHe46uGxrpzine49BF59q8fEtLugnaRvoLseLTBILgImPUOXhI2W95m9BQONHjz-FbltopiTAPY-whLXUaSTnbOgDuWZrth6tSP-i4LcKwD3RBfUzPwjLm~5tlw68E2FPpgtb7NIZF~lt1VbQmSAqYia67ro81B~EURq4naP-DcYBv5vox2dEqW5dj9F1HMkQHyUIKLHmi1TzM0mALEtTmIVMcRcJYBuXXnKlw6330pDrVukVcvmmAqRbkGIOqVUTRXXYJqPgKx0ZUaqjf9Cbpxn55l7nfmWY7bcxQ6UgA8LRHTUVgZgs3DUFPA&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

SETIADEWI, N., et al. *Microplastic occurrence and characteristics in a municipal wastewater treatment plant in Jakarta*. *Serie de conferencias de IOP: Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente*. Publicaciones IOP, 2023. p. 012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012053>

STURM, M.T., et al. Comparison of AOP, GAC, and Novel Organosilane- Based Process for the Removal of Microplastics at a Municipal Wastewater Treatment Plant. *Water*, 2023, vol. 15, no. 6. pp. 1164 ProQuest Central. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w15061164>

SUNASS, Lista de registro de PTAR, 2023. Disponible en: <http://aplicaciones.sunass.gob.pe:8080/adm-ptar/ptar/listado>

VAN Cauwenberghe, Lisbeth; De Rijcke, Maarten; Koelmans, Albert; Mees, Jan; Vandeghechuchte, Michiel y Janssenb, Colin. *Evaluación de riesgos de los micro plásticos en el océano: enfoque de modelización y primeras conclusiones*. Noviembre, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.069>

VÁSQUEZ Molano, Daniela; MOLINA, Andres; DUQUE, Guillermo. Distribución espacial y aumento a través del tiempo de microplásticos en sedimentos de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. 2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1834/41669>

VELANDIA Cabra, Javier Ricardo. Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. Revista Ontare, 2017, vol. 5, p. 3. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8705580>

Vermillion. *What Are Single-use Plastics and Should They Be Banned?* | HowStuffWorks. Retrieved February 3, 2020, from <https://science.howstuffworks.com/environmental/conservation/issues/single-useplastics.htm>

YUVEDHA, S.; YOGANANDHAN, U.; NAMPOOTHIRI, NVN. *Quantitative analysis of microplastics in wastewater from treatment plant by visual identification and FT-IR imaging using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and FeSO<sub>4</sub>: un estudio de caso.* En *Serie de conferencias IOP: Ciencia e ingeniería de materiales*. Publicaciones IOP, 2019. pág. 012026. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/561/1/012026>

## ANEXOS

**Anexo 1:** Tabla de operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Micro plásticos	Los micro plásticos son fragmentos diminutos de plástico que tienen un tamaño mínimo a 5 mm. Estos pueden originarse de manera deliberada, como parte de la producción (micro plásticos primarios), con el propósito de ser incorporados en diferentes productos de uso o como abrasivos. También pueden surgir a partir de la fragmentación de objetos plásticos más grandes (micro plásticos secundarios). Estos micro plásticos, tanto primarios como secundarios, son considerados contaminantes extremadamente persistentes y perjudiciales para los organismos (Vásquez, et al., 2021).	Para establecer la existencia de los micro plásticos se determinará el % de estos en las PTAR de aguas residuales que vienen siendo contaminadas por los micro plásticos los cuales serán medidos por (gr/L). Las mezclas serán tomadas en el fondo de las PTAR, se tomarán muestras en el afluente y efluente de las dos PTAR.	Caracterización cualitativa de los micro plásticos	Color	Nominal
				Forma	Nominal
				Tamaño	Intervalo
			Composición polimérica	Poliéster Sulfona	Nominal
				Tereftalato de polietileno	
				Polietileno	
				Poliamida	
				Poliestireno	
				Acrílico	
				Polipropileno	
Cantidad de micro plásticos	Micro plásticos (gr/L)	Razón			

Tratamiento pre y post de aguas residuales	La finalidad del tratamiento de aguas residuales se enfoca en mejorar la confiabilidad de las PTAR, y esto suele lograrse mediante la mecanización de los establecimientos, la promoción de la reutilización de las aguas tratadas, la disminución del consumo de energía y la eliminación de olores desagradables. La ubicación de la planta, la calidad del agua tratada y los costos operativos son factores fundamentales en este proceso (Díaz y Rodelo, 2019).	Para establecer la capacidad y el buen funcionamiento de las PTAR se hará uso de los resultados obtenidos para poder distinguir la calidad y eficiencia, así mismo se puede hacer una comparación en los tratamientos de cada PTAR.	Eficiencia de eliminación	Porcentaje (%) de eliminación	Nominal
			Calidad del afluente	Concentración de residuos sólidos	Nominal
			Calidad del efluente	Concentración de residuos sólidos	Nominal

**Fuente:** Elaboración propia

**Anexo 2:** Instrumentos de recolección de datos

**Instrumento N°1:**

**FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE MICRO PLÁSTICOS POR PTAR**

“Evaluación de presencia de micro plásticos del pre y post tratamiento de dos PTAR de la provincia de Trujillo, 2024”

Fecha:

Lugar:

Micro plásticos												
N° de muestra	Coordenadas de ubicación de muestra (UIM)	Tipos de micro plásticos							Cantidad de micro plásticos (gr/lts)	Caracterización		
		Poliéster Sulfona (PES) (gr/lts)	Tereftalato de polietileno (PET) (gr/lts)	Polietileno (PE) (gr/lts)	Poliamida (PA) (gr/lts)	Poliestireno (PS) (gr/lts)	Acrílico (gr/lts)	Polipropileno (PP) (gr/lts)		Color	Forma	Tamaño
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

**Fuente:** Elaboración propia

### Anexo 3: Fichas de validación de instrumentos para la recolección de datos

#### Validación de instrumento N°1

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y nombres: Coba Urcia, Erick Jonathan Jeampier
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Especialista Ambiental – Obras / Privada
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Magister en Ciencias Ambientales
- 1.4. Nombre de instrumento: Ficha de caracterización de micro plásticos
- 1.5. Autores de instrumentos: Jave Palomino Max Gerson, Ordinola Farfan Jose Tomas

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X	
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos									X	
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación									X	
ORGANIZACIÓN	Existe una orgánica lógica									X	
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos									X	
INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables									X	
CONSISTENCIA	Se respalda fundamentos técnicos y/o científicos									X	
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, variables e indicadores									X	
METODOLOGIA	La estrategia responde a una metodología y diseños aplicados para lograr los objetivos									X	
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X	

**III. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD**

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación  SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación  NO

**IV. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN**

90



Firma y sello del especialista

Trujillo, 22 de noviembre de 2023

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y nombres: Amaya Bejar, Anthony
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Gerente / GROW Ingenieros
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de residuos sólidos
- 1.4. Nombre de instrumento: Ficha de caracterización de micro plásticos
- 1.5. Autores de instrumentos: Jave Palomino Max Gerson, Ordinola Farfan Jose Tomas

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X	
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos									X	
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación								X		
ORGANIZACIÓN	Existe una orgánica lógica								X		
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos								X		
INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables									X	
CONSISTENCIA	Se respalda fundamentos técnicos y/o científicos								X		
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, variables e indicadores									X	
METODOLOGIA	La estrategia responde a una metodología y diseños aplicados para lograr los objetivos									X	
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X	

**III. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD**

El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<del>SI</del>
NO

**IV. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN**


Firma y sello del especialista

86

Trujillo, 25 de noviembre de 2023

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y nombres: Cortez Cochayalle, Edgar Giancarlo
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo / Casa Grande
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Sistemas de Gestión integrado y Gestión de residuos sólidos
- 1.4. Nombre de instrumento: Ficha de caracterización de micro plásticos
- 1.5. Autores de instrumentos: Jave Palomino Max Gerson, Ordinola Farfan Jose Tomas

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X	
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos									X	
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación									X	
ORGANIZACIÓN	Existe una orgánica lógica									X	
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos									X	
INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables									X	
CONSISTENCIA	Se respalda fundamentos técnicos y/o científicos									X	
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, variables e indicadores									X	
METODOLOGIA	La estrategia responde a una metodología y diseños aplicados para lograr los objetivos									X	
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X	

**III. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD**

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<del>SI</del>
NO

**IV. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN**


Firma y sello del especialista

90

Trujillo, 25 de noviembre de 2023

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y nombres: Vela Arevalo, Cintya Tamara  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Jefe de prácticas / Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de Residuos Sólidos, Monitoreo de Calidad Ambiental y SSOMA  
 1.4. Nombre de instrumento: Ficha de caracterización de micro plásticos  
 1.5. Autores de instrumentos: Jave Palomino Max Gerson, Ordinola Farfan Jose Tomas

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible									X		
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos									X		
ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación									X		
ORGANIZACIÓN	Existe una orgánica lógica									X		
SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos									X		
INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables									X		
CONSISTENCIA	Se respalda fundamentos técnicos y/o científicos									X		
COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, variables e indicadores									X		
METODOLOGIA	La estrategia responde a una metodología y diseños aplicados para lograr los objetivos									X		
PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico									X		

**III. OPINIÓN DE LA APLICABILIDAD**

El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<del>SI</del>
NO

**IV. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN**

90
----

  
 Firma y sello del especialista

Trujillo, 29 de noviembre de 2023

# Anexo 4: Reporte de similitud en software Turnitin

D



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Evaluación de presencia de microplásticos en etapas de pre y post tratamiento en PTAR Cortijo y Covicorti en Trujillo, 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Jave Palomino, Max Gerson (orcid.org/0000-0002-4985-3747)  
Ordinola Farfan, Jose Tomas (orcid.org/0000-0001-5316-7312)

ASESOR:

MSc. Mendoza Villanueva, Karol (orcid.org/0000-0002-1227-5103)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

Resumen de coincidencias X

16 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	3 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	2 %
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
6	go.gale.com Fuente de Internet	1 %
7	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
8	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
9	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
10	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
11	110jmc.org.mx	<1 %

## Anexo 5: Autorizaciones para el desarrollo del proyecto de investigación

Trujillo, 18 de Abril de 2024

Señor (a):  
**Gutiérrez Muñoz , Victor Manuel**  
**Jefe de Mantenimiento**  
**Sedalib S.A**  
Presente. -

**SEDALIB S.A.**  
Solicitante: JAVE PALOMINO MAX  
Dni: 73821553      Pág.: 1  
Nr: 000004631      FR: 18/04/2024 12:16:44



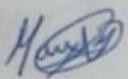
Es grato dirigirnos a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de nuestra formación académica en la experiencia curricular de investigación del X ciclo, se contempla la realización de una investigación con fines netamente académicos de obtención del título profesional al finalizar mi carrera.

En tal sentido, considerando la relevancia de su organización, solicito su colaboración, para que pueda realizar mi investigación en su representada y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación titulada: "EVALUACIÓN DE PRESENCIA DE MICRO PLÁSTICOS DEL PRE Y POST TRATAMIENTO DE DOS PTAR DE LA PROVINCIA DE TRUJILLO, 2024". En dicha investigación nos comprometemos a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, salvo que se crea a bien su socialización.

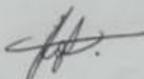
Se adjunta la carta de autorización de uso de información en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante de la empresa.

Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de mi formación profesional, hago propicia la oportunidad para expresar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



**Jave Palomino, Max Gerson**  
73821553



**Ordinola Farfan, Jose Tomas**  
71997600



CENTRO DE INGENIERÍA  
Y TECNOLOGÍA



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

SOLICITO AMBIENTE DE LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA M-106

sr. Walter Ramirez Ramos

COORDINADOR DEL CENTRO DE INNOVACION TECNOLOGICO DE MOCHE

Presente.-

Yo Max Jave Palomino de la escuela de INGENIERÍA Ambiental, ciclo XI, con código de matrícula/DNI 73821553, me presento a usted con respeto y solicito que con el fin de realizar mi proyecto/tesis/practica, titulado: "Evaluación de Presencia de microplásticos del pre y post Tratamiento de 2 PTAR de la Provincia de Trujillo, 2024", usted en calidad de responsable del CIT MOCHE, se sirva a ordenar a quien corresponda se me conceda la referida solicitud el mes de Abril, los días Jueves; desde 5:30 p.m. horas. Requiriendo a su vez los siguientes equipos e insumos en Laboratorio.

CURSO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DE INSUMO / EQUIPO / MATERIAL
Desarrollo del Proyecto de Investigación	06	papel filtro
	01	cono de sedimentación
	04	placas Petri
	01	meta
	04	vasos de precipitación 200 ml
	02	Embudes

Le garantizo trabajar con desempeño y responsabilidad, cumpliendo con las normas establecidas.

Por lo expuesto, agradeceré admitir mi petición por ser de justicia.

Max Jave Palomino

Firma del solicitante

Nombre y Apellido:

Max Jave Palomino

V"B" CIT MOCHE

Trujillo, 17 de Abril del 2024



Paul

V"B" ENCARGADO DE LABORATORIO

SOLICITUD DE USO DE LABORATORIO

ASUNTO: SOLICITO USO DE  
LABORATORIO DE Biotecnología

Señor (a):  
**MAGDA RUBÍ RODRIGUEZ YUPANQUI**  
**JEFA DE LA E.P. ING. AMBIENTAL**

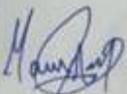
YO, Max Jave Palomino identificado (a) con DNI N°  
73821553, con domicilio en Urb. Las Palmeras de San Andrés y en mi calidad de  
estudiante del X ciclo de la escuela de Ing. ambiental, de la Universidad César  
Vallejo, ante usted con el debido respeto expongo:

De acuerdo a la necesidad de cumplir con nuestro proyecto de  
investigación de Evaluación de Presencia de Microplásticos del pre y post  
Tratamiento de las PTAR de la Provincia de Trujillo, 2024 del  
curso de Desarrolla del Proyecto de Investigación, es que recorro  
a su despacho para solicitarle el uso del Laboratorio  
de Biotecnología,  
para el día Jueves 12 de Abril a las 3:30 pm horas.

Así mismo requiero se me brinde los materiales e insumos que menciono en  
el formato adjunto a esta solicitud.

Por lo expuesto, agradeceré que se atienda mi petición, por ser  
fundamental y necesaria para cumplir con mi formación académica.

Trujillo, 17 de Abril del 2023

  
Max Jave Palomino - 73821553

Apellidos y nombres  
DNI



## Anexo 6: Otras evidencias

### Certificado del informe de análisis del espectrómetro FTIR.



Universidad Nacional de Trujillo  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Escuela de Ingeniería Agroindustrial



#### INFORME DE ANÁLISIS

##### 1. DATOS DE LA INSTITUCIÓN SOLICITANTE

Razón Social : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
RUC : 20164113532  
Dirección : Av. Larco Nro. 1770, urbanización San Andrés 5ta etapa

##### 2. FECHAS

Emisión de informe : 09 de mayo del 2024  
Observaciones : —

##### 3. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

Ensayo solicitado : Análisis de microplásticos  
Método utilizado : Evaluación en espectrómetro Nicolet IS50 FTIR

##### 4. DATOS DE LA MUESTRAS ANALIZADAS

Muestras de microplásticos de PTAR Covicorti-Cortijor: 48 muestras

##### 5. RESULTADOS

Se brindaron los espectros obtenidos de las muestras, y la identificación de los grupos funcionales presentes.

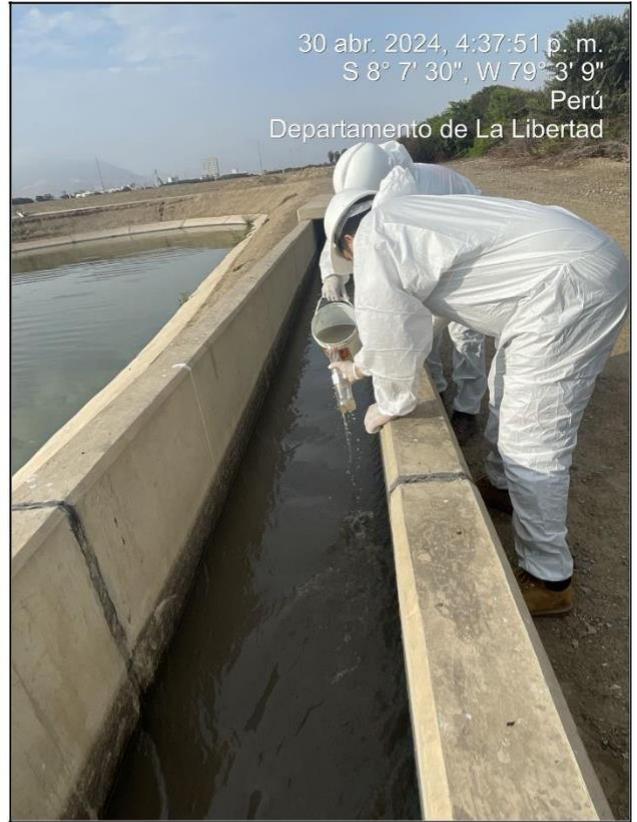
- Los resultados corresponden a las muestras entregadas al laboratorio de Ingeniería de Procesos Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo.
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito del Coordinador del Laboratorio.



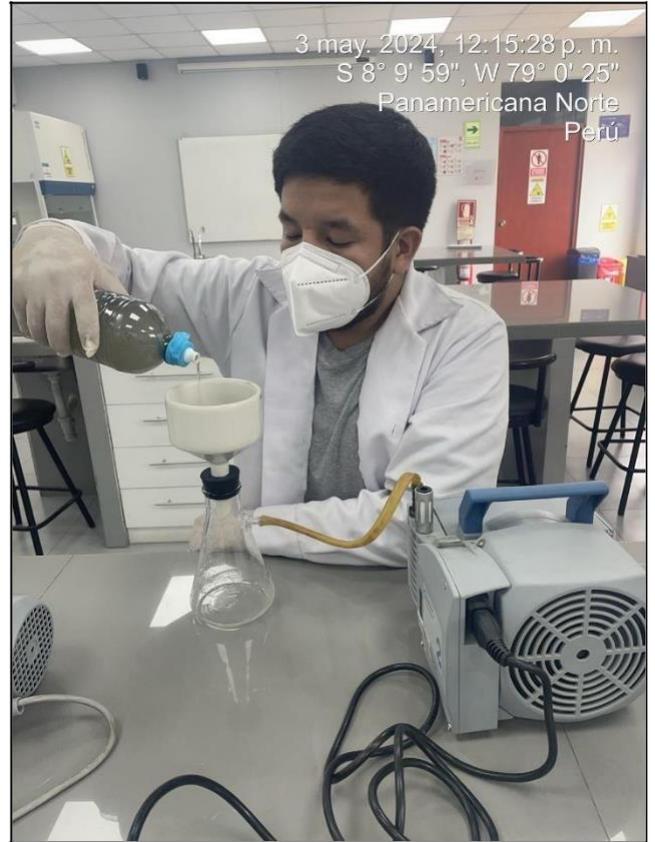
Dr. Raúl Siche Jara  
Coordinador  
Laboratorio de Ingeniería de  
Procesos Agroindustriales

Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trujillo, Perú.  
E-mail: [rsiche@unitru.edu.pe](mailto:rsiche@unitru.edu.pe)

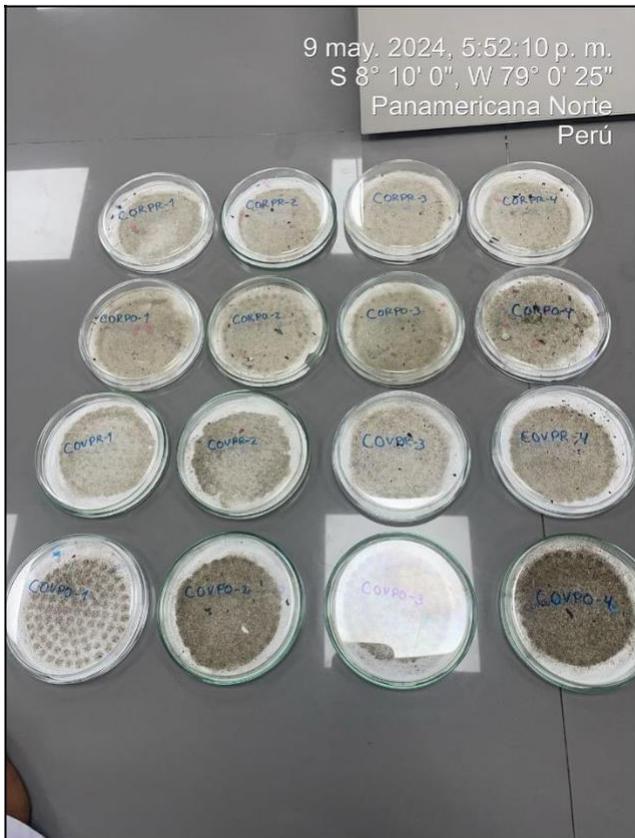
## Toma de muestras



## Filtración de muestras

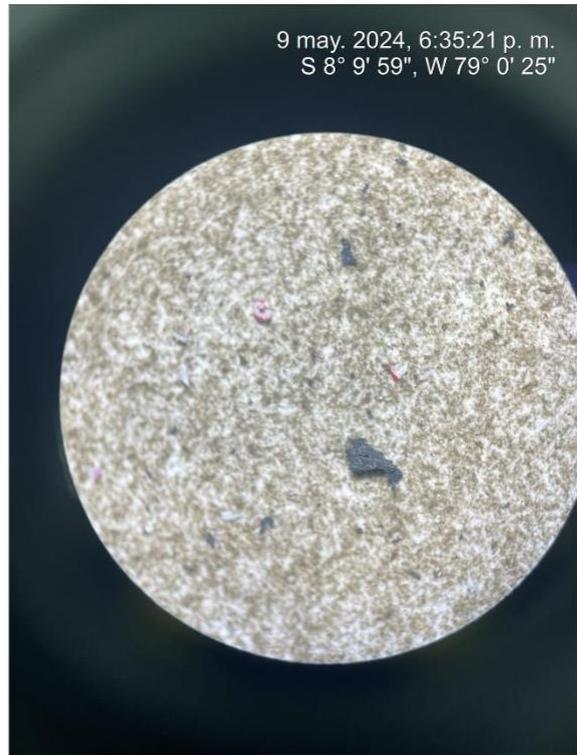
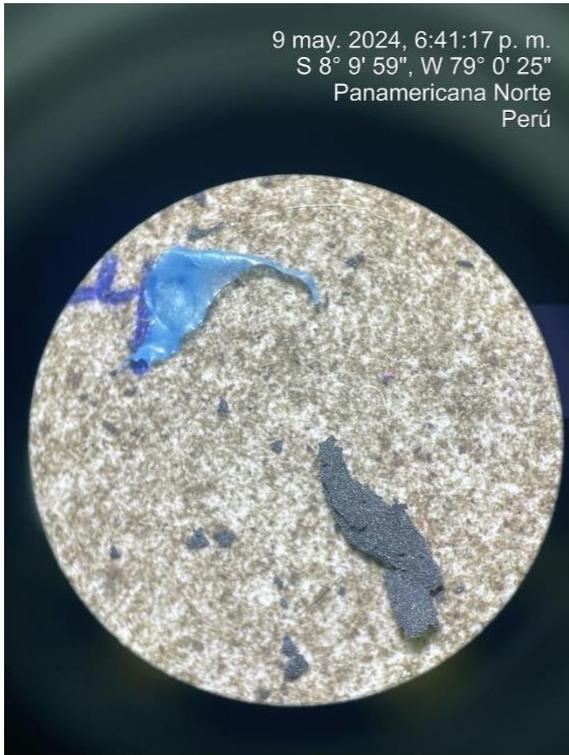


## Muestras

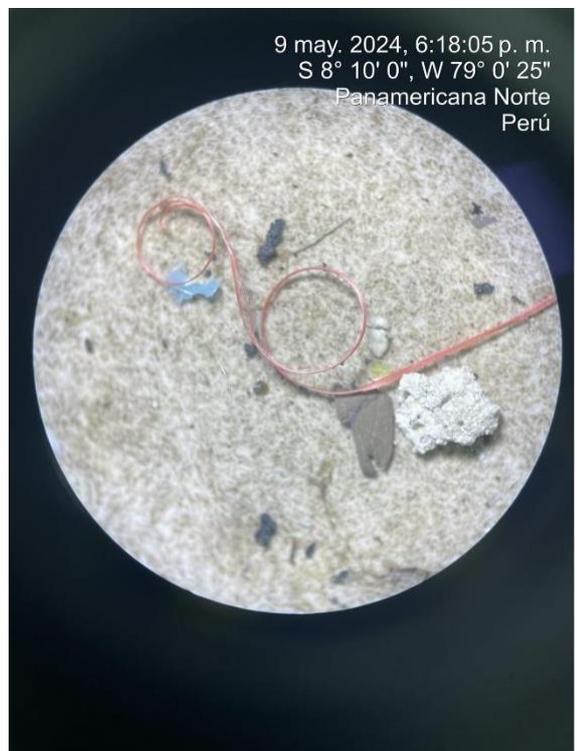


## Micro plásticos (Colores, formas y tamaños)

### Partículas y películas

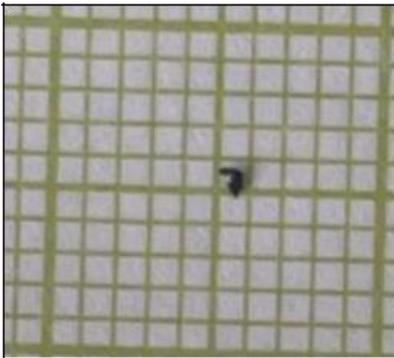


### Fibra

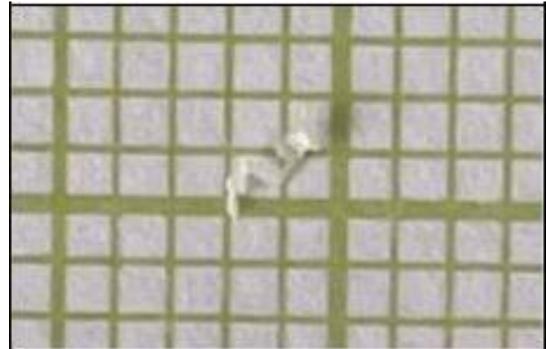




**1 mm**



**2 mm**



**3 mm**



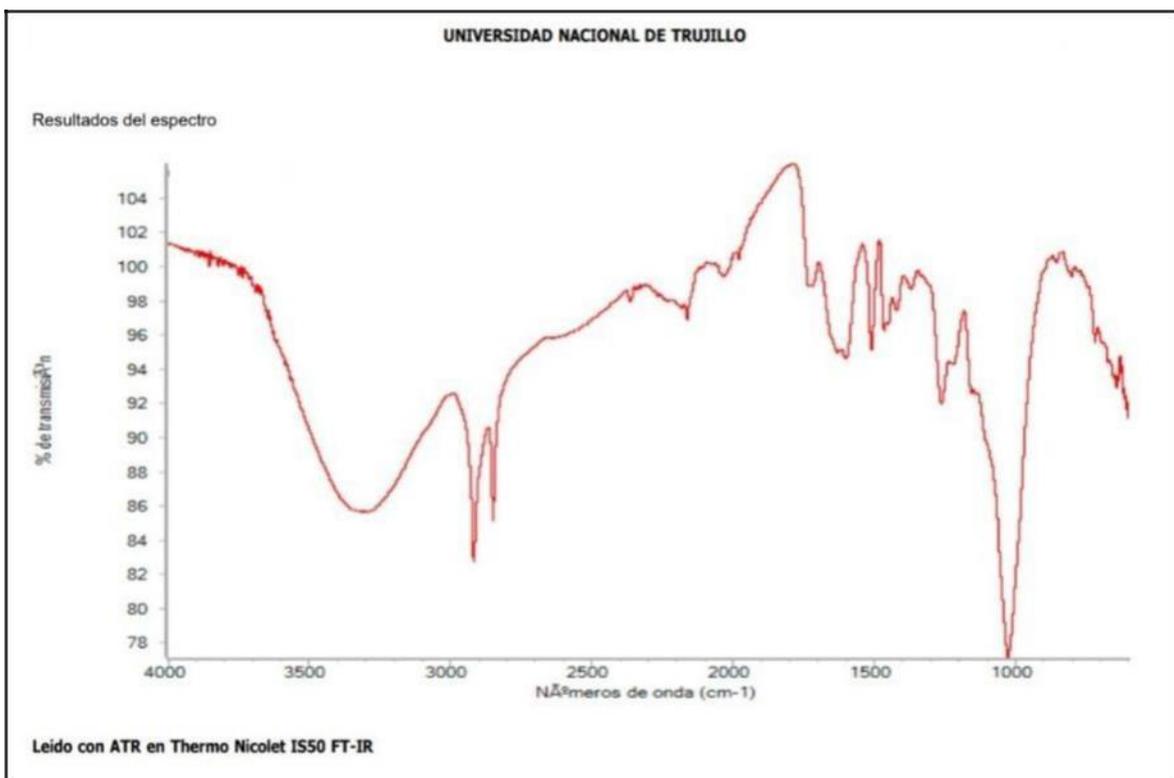
**4 mm**



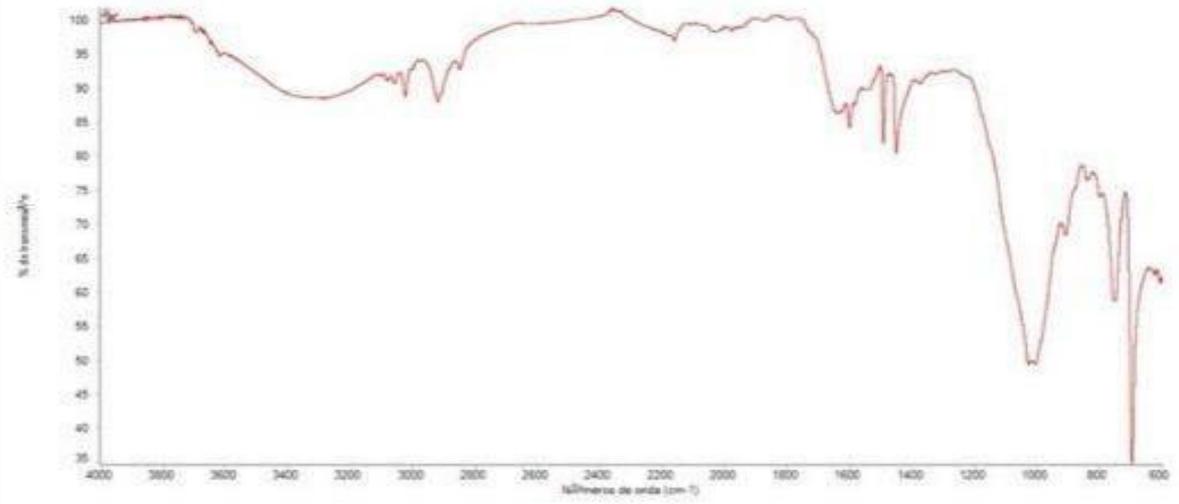
5 mm



## Espectrometrías

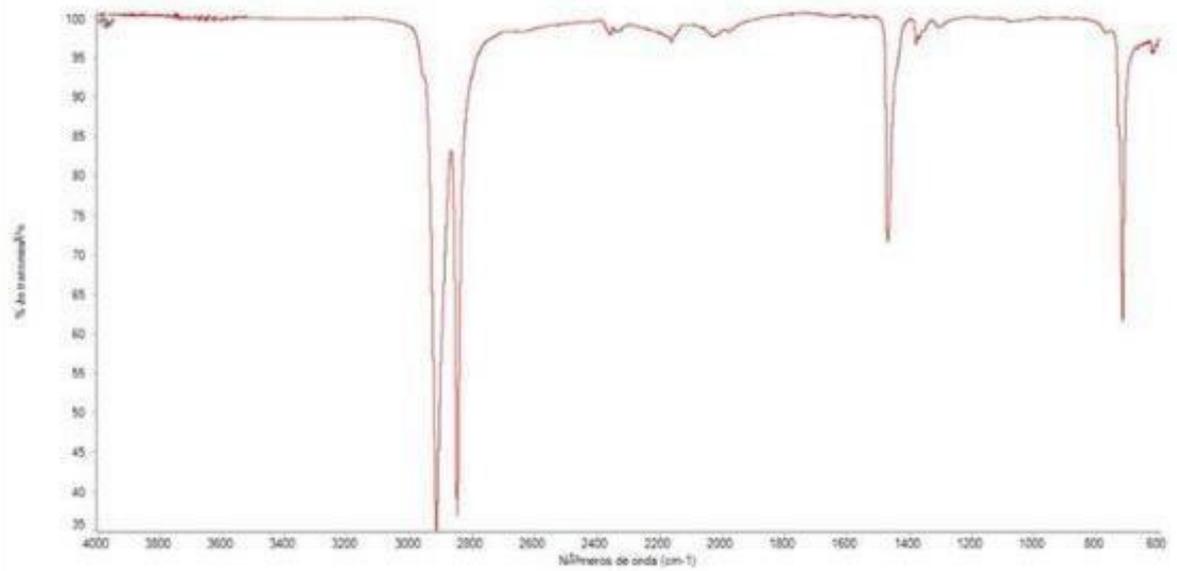


Resultados del espectro



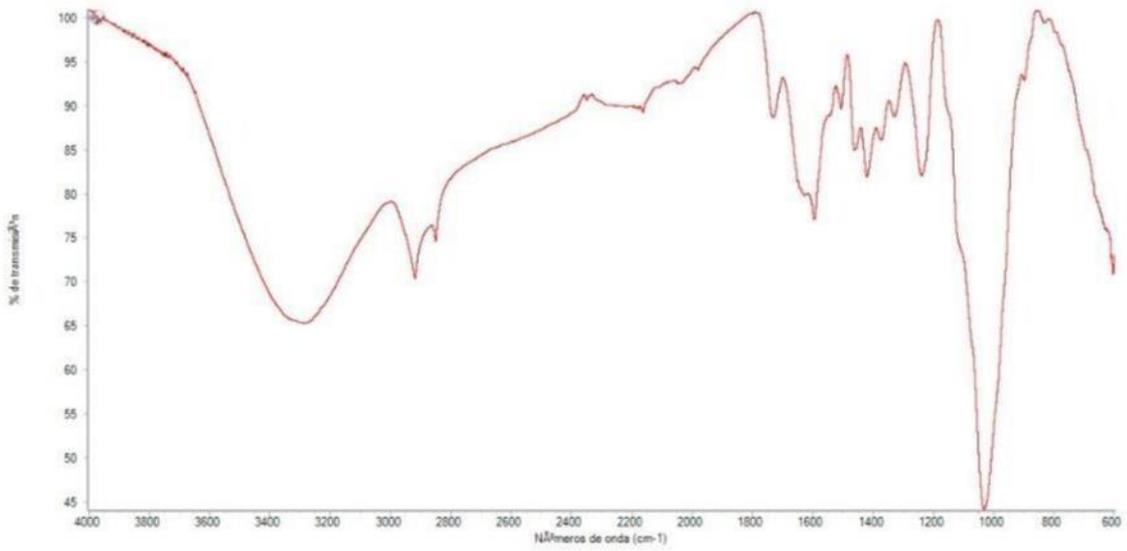
Leído con ATR en Thermo Nicolet ISSO FT-IR

Resultados del espectro



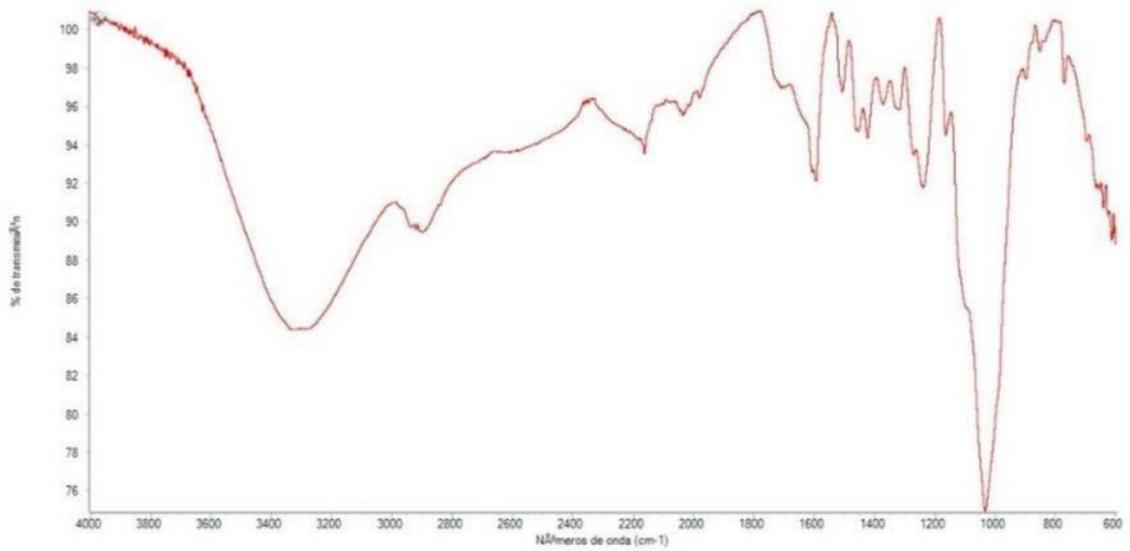
Leído con ATR en Thermo Nicolet ISSO FT-IR

Resultados del espectro



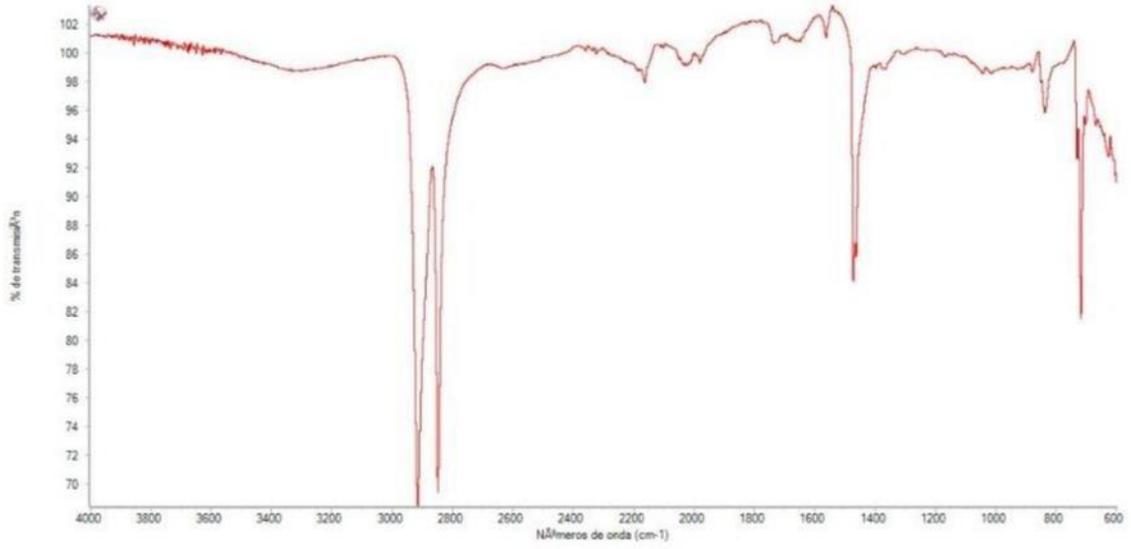
Leído con ATR en Thermo Nicolet IS50 FT-IR

Resultados del espectro



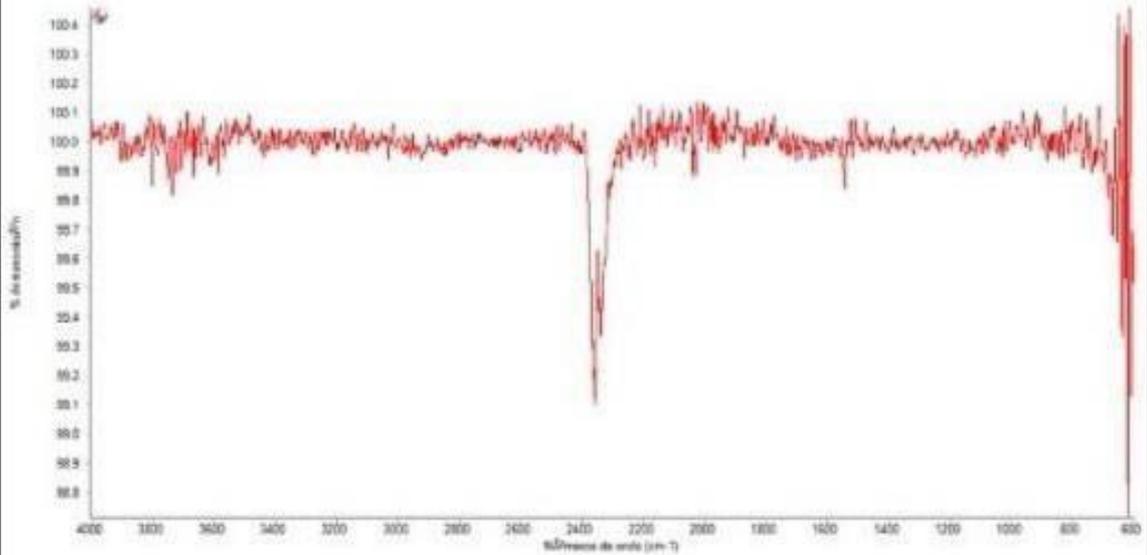
Leído con ATR en Thermo Nicolet IS50 FT-IR

Resultados del espectro



Leído con ATR en Thermo Nicolet IS50 FT-IR

Resultados del espectro



Leído con ATR en Thermo Nicolet IS50 FT-IR