



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA
IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023”.**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Contaminación ambiental, aire, agua, suelo y otras formas de contaminación.

PRESENTADO POR:

Bach. Edith Luscerro Tapia Ccoa.

Bach. Ivette Sequeiros Arcos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero ambiental

ASESOR:

MAS SWR Ing. Stephanie Milagros Casas Toribio

CO-ASESOR:

Mgt. Quim. Carmen Rosa Huallpamayta Ponce.

CUSCO – PERÚ

2023



METADATOS

Datos del autor 1	
Nombres y apellidos	Ivette Sequeiros Arcos
Número de documento de identidad	70339625
URL de Orcid	0009-0003-0759-2096
Datos del autor 2	
Nombres y apellidos	Edith Luscerro Tapia Ccoa
Número de documento de identidad	72500756
URL de Orcid	0009-0001-7560-885X
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Stephanie Milagros Casas Toribio
Número de documento de identidad	71467409
URL de Orcid	0009-0005-1406-3904
Datos del coasesor	
Nombres y apellidos	Carmen Rosa Huallpamayta Ponce
Número de documento de identidad	23883818
URL de Orcid	0009-0006-6356-215X
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Felio Calderon La Torre
Número de documento de identidad	25310696
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Luz Guisell Aedo Vega Centeno
Número de documento de identidad	40701822
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Juan Jose Zuñiga Negrón
Número de documento de identidad	72040647
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Gorki López Pacheco
Número de documento de identidad	23934554
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Contaminación ambiental, aire, agua, suelo y otras formas de contaminación.



TESIS FINAL MICROPLASTICO

por Ivette SEQUEIROS ARCOS

Fecha de entrega: 15-dic-2023 01:57a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2259681452

Nombre del archivo: TESIS_SEQUEIROS_Y_TAPIA.pdf (10.73M)

Total de palabras: 27196

Total de caracteres: 155103





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



“EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA
IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023”.

¹
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Contaminación ambiental, aire, agua, suelo y otras
formas de contaminación.

PRESENTADO POR:

Bach. Edith Lusero Tapia Ccoa.

Bach. Ivette Sequeiros Arcos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero ambiental

ASESOR:

MAS SWR Ing. Stephanie Milagros Casas Toribio

CO-ASESOR:

Mgt. Quim. Carmen Rosa Huallpamayta Ponce.

CUSCO – PERÚ

2023

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

Ing. Stephanie Milagros Casas Toribio
INGENIERO AMBIENTAL
CIP 185179



TESIS FINAL MICROPLASTICO

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.unam.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.aimplas.es

Fuente de Internet

1%

5

scielo.isciii.es

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Kaunas University of Technology

Trabajo del estudiante

1%

7

dspace.udla.edu.ec

Fuente de Internet

1%

8

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

9

www.camisea.com.pe

Fuente de Internet

1%


COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Stephanie Casas Toribio
Ing. Stephanie Milagros Casas Toribio
INGENIERO AMBIENTAL
CIP 185179




Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Ivette SEQUEIROS ARCOS
Título del ejercicio: tesis
Título de la entrega: TESIS FINAL MICROPLASTICO
Nombre del archivo: TESIS_SEQUEIROS_Y_TAPIA.pdf
Tamaño del archivo: 10.73M
Total páginas: 182
Total de palabras: 27,196
Total de caracteres: 155,103
Fecha de entrega: 15-dic.-2023 01:57a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2259681452

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



“EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023”.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Contaminación ambiental, aire, agua, suelo y otras formas de contaminación.

PRESENTADO POR:
Bach. Edith Lucero Tapia Coza,
Bach. Ivette Sequeiros Arcos

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero ambiental

ASESOR:
MAS SWR Ing. Stephanie Milagros Casas Toribio

CO-ASESOR:
Mgt. Quim. Carmen Rosa Huallpamuyta Ponca.

CUSCO – PERÚ
2023

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO



Ing. Stephanie Milagros Casas Toribio
INGENIERO AMBIENTAL
CIP 185178



AGRADECIMIENTOS

A la “Universidad Andina del Cusco” y plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarnos los conocimientos, dedicación y herramientas necesarias en la formación profesional.

De manera especial a nuestras asesoras, Ing. Stephanie Milagros Casas Toribio y Mgt. Quim. Carmen Rosa Huallpamayta Ponce, quienes nos brindaron la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos científicos, guiándonos al largo de este arduo proceso. Nuestro agradecimiento infinito por su inquebrantable apoyo, motivación y orientación que fueron cruciales para la calidad de este trabajo.

Al director de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental Dr. Ing. Felio Calderón La Torre por su apoyo incondicional en la elaboración de la tesis, de igual forma a la Mgt. Ing. Luz Guisell Aedo Vega Centeno por brindarnos sus conocimientos, absolviendo dudas parar mejorar la elaboración de tesis.

A los funcionarios de la E.P.S. SEDA CUSCO S.A., así como al supervisor de planta y encargados de la PTAR San Jerónimo Cusco, por su colaboración y autorización en el desarrollo de esta investigación. Valoramos su compromiso con la gestión de aguas residuales y contribución a la preservación del medio ambiente.

Edith Lusceró Tapia Ccoa.

Ivette Sequeiros Arcos.



DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a mis padres Froilán y Milder, quienes fueron mi principal apoyo para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mí las bases de responsabilidad y superación, cada día de estudio, cada desafío superado y cada meta alcanzada han sido dedicados a ustedes, gracias por ser mi inspiración y por siempre estar a mi lado en este viaje académico y cada página de esta tesis lleva impresa su dedicación.

A mis hermanos, Erick y John por su apoyo incondicional.

A mi abuelo y tío que partieron antes hacía la eternidad, por sus consejos y motivación para llegar aquí. Con aprecio y gratitud.

Edith Lusceró Tapia Ccoa.



DEDICATORIA

A Dios, fuente de fortaleza, por darme salud y permitir que cumpla con cada uno de mis objetivos.

A mis padres, Saúl Sequeiros Meléndez y Marveli Arcos Mansilla, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de este viaje académico, cada logro alcanzado es reflejo de su amor, paciencia y sacrificio.

Este trabajo de investigación muestra el resultado de su aliento y confianza en mí. Los amo profundamente y les dedico esta investigación como gesto de gratitud por todo lo que han hecho por mí.

Ivette Sequeiros Arcos.



INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA	II
INDICE GENERAL	IV
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS.	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCION.....	XVIII
CAPITULO I: INTRODUCCION	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. Problema General	4
1.2.2. Problemas Específicos	4
1.3. Justificación	4
1.3.1. Conveniencia	4
1.3.2. Relevancia Social.....	5
1.3.3. Implicancias Prácticas.....	5
1.3.4. Valor Teórico.....	6
1.3.5. Utilidad Metodológica	6



1.4. Objetivos de la Investigación.....	7
1.4.1. Objetivo General.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos.....	7
1.5. Delimitación del Estudio	7
1.5.1. Delimitación Espacial	7
1.5.2. Delimitación Temporal	8
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	9
2.1. Antecedentes del Estudio.....	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales	9
2.1.2. Antecedentes Nacionales	11
2.2. Bases Teóricas	13
2.2.1. Aguas Residuales.....	13
2.2.2. Sólidos Totales Suspendidos (SST) en Aguas.....	14
2.2.3. Temperatura.....	14
2.2.4. pH.....	14
2.2.5. Plásticos.....	14
2.2.6. Microplásticos en el Agua.....	19
2.2.7. Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR).....	23
2.2.8. Caracterización de Microplásticos por Espectroscopia.	24
2.2.9. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	24
2.3. Hipótesis	26
2.3.1. Hipótesis General.....	26



2.4. Variables e Indicadores	26
2.4.1. Identificación de Variables.....	26
2.4.2. Operacionalización de Variables	27
2.4.3. Definición de Términos de Variables	28
CAPITULO III: MÉTODO	29
3.1. Alcance del Estudio.....	29
3.1.1. Tipo de Investigación.....	29
3.1.2. Nivel o Alcance de la Investigación	29
3.1.3. Método de Investigación	29
3.2. Diseño de Investigación	30
3.3. Población	30
3.4. Muestra	30
3.5. Área de Estudio.....	30
3.5.1. Ubicación	30
3.5.2. Accesibilidad	31
3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	32
3.6.1. Técnicas.....	32
3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos	32
3.7. Validez y Confiabilidad de Instrumentos	36
3.7.1. Validez	36
3.7.2. Confiabilidad	36
3.8. Plan de Análisis de Datos	36



3.9. Metodología	38
3.9.1. Metodología para Obtención de Muestras	38
3.9.2. Procedimiento Experimental de Aislamiento de Microplásticos.	43
3.9.3. Caracterización Morfológica.....	49
3.9.4. Identificación de Composición Polimérica.	50
CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.....	52
4.1. Evaluación de Parámetros Físico Químicos	52
4.2. Resultados Respecto a al Objetivos General	55
4.3. Resultados Respecto a los Objetivos Específicos	56
4.3.1. Determinación de la Cantidad de Microplásticos.....	56
4.3.2. Caracterización de Microplásticos.....	64
4.3.3. Determinación de la Identidad Polimérica	90
CAPITULO V: DISCUSIÓN	98
5.1. Descripción de los Hallazgos más Relevantes y Significativos.....	98
5.1.1. Hallazgo 1	98
5.1.2. Hallazgo 2	98
5.1.3. Hallazgo 3	98
5.1.4. Hallazgo 4	98
5.2. Limitaciones del Estudio	99
5.2.1. Limitación 1	99
5.2.2. Limitación 2	99
5.2.3. Limitación 3	99



5.2.4. Limitación 4	99
5.3. Comparación crítica con la literatura existente.....	100
5.3.1. Comparación 1.....	100
5.3.2. Comparación 2.....	100
5.3.3. Comparación 3.....	101
5.3.4. Comparación 4.....	101
5.3.5. Comparación 5.....	102
5.4. Implicancias del Estudio.....	103
5.4.1. Implicancia 1	103
5.4.2. Implicancia 2	103
5.4.3. Implicancia 3.	104
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
INTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	116
VALIDACION DE FICHA DE DATOS	122
ANEXOS.....	146



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Escala de tamaños de partículas microplásticos.</i>	15
Figura 2 <i>Estructura de polímeros por tipo de microplásticos.</i>	18
Figura 3 <i>Clasificación de microplásticos por forma, tamaño y color.</i>	21
Figura 4 <i>Mapa de ubicación PTAR San Jerónimo Cusco.</i>	31
Figura 5 <i>Diagrama de flujo de la metodología.</i>	38
Figura 6 <i>Mapa de ubicación PM- 1.</i>	40
Figura 7 <i>Mapa de ubicación PM-2</i>	41
Figura 8 <i>Mapa de ubicación PM-3</i>	41
Figura 9 <i>Recolección de muestras.</i>	42
Figura 10 <i>Evaluación de parámetros físico químicos.</i>	44
Figura 11 <i>Proceso de filtrado de muestras.</i>	45
Figura 12 <i>Muestras obtenidas después del Proceso de Filtrado.</i>	45
Figura 13 <i>Preparación de NaCl al 40% de concentración.</i>	46
Figura 14 <i>Preparación de reactivo fenton.</i>	47
Figura 15 <i>Proceso de digestión oxidativa.</i>	48
Figura 16 <i>Proceso de separación por densidad.</i>	49
Figura 17 <i>Lectura de la espectroscopia FT-IR.</i>	51
Figura 18 <i>Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l)</i>	57
Figura 19 <i>Intervalos de confianza para la Cantidad promedio de microplásticos por punto de muestreo.</i>	58
Figura 20 <i>Normalidad de la cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).</i>	60



Figura 21 Datos individuales para la cantidad promedio de microplásticos por punto de muestreo.....	61
Figura 22 Comparación de la cantidad promedio de microplásticos por punto de muestreo.	62
Figura 23 Fotografías de visualización de la identificación de MPs hallados.	63
Figura 24 Cantidad de microplásticos según forma: PM - 1 (Und/l).....	65
Figura 25 Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos según forma: PM - 1 (Und/l).	66
Figura 26 Cantidad de microplásticos según forma: PM - 2 (Und/l).....	67
Figura 27 Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos según forma: PM - 2 (Und/l).	68
Figura 28 Cantidad de microplásticos según forma: PM - 3 (Und/l).....	69
Figura 29 Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos según forma: PM - 3 (Und/l).	70
Figura 30 Comparación de la cantidad promedio de microplásticos según forma y punto de muestreo (Und/l).	71
Figura 31 Tamaño de los microplásticos según forma: PM – 1 (μm).....	73
Figura 32 Intervalos de confianza para el tamaño promedio de microplásticos según forma: PM - 1 (μm).	74
Figura 33 Tamaño de microplásticos según forma: PM - 2 (μm).	75
Figura 34 Intervalos de confianza para el tamaño promedio de microplásticos según forma: PM - 2 (μm).	76
Figura 35 Tamaño de microplásticos según forma: PM - 3 (μm).	77



Figura 36 <i>Intervalos de confianza para el tamaño promedio de microplásticos según forma:</i> <i>PM - 3 (μm).</i>	78
Figura 37 <i>Comparación del tamaño promedio de microplásticos según forma y punto de</i> <i>muestreo (μm).</i>	79
Figura 38 <i>Cantidad de microplásticos por color: PM – 1.</i>	81
Figura 39 <i>Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos por color:</i> <i>PM - 1.</i>	82
Figura 40 <i>Cantidad de microplásticos por color: PM - 2.</i>	83
Figura 41 <i>Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 2</i> <i>(Und).</i> <i>¡Error! Marcador no definido.</i>	
Figura 42 <i>Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos por color:</i> <i>PM - 2.</i>	85
Figura 43 <i>Cantidad de microplásticos por color: PM - 3.</i>	86
Figura 44 <i>Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos por color:</i> <i>PM - 3.</i>	87
Figura 45 <i>Comparación promedio de la cantidad de microplásticos por color y punto de</i> <i>muestreo.</i>	88
Figura 46 <i>Fotografías de microplásticos hallados por tamaños y color.</i>	89
Figura 47 <i>Espectro infrarrojo del PM-1.</i>	91
Figura 48 <i>Espectro infrarrojo del PM-2.</i>	92
Figura 49 <i>Espectro infrarrojo Comparativo entre el PM-1 y PM-2.</i>	93
Figura 50 <i>Espectro infrarrojo del PM-3.</i>	95



INDICE DE TABLAS.

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables.</i>	27
Tabla 2 <i>Equipos de protección personal (EPPs) para campo.</i>	32
Tabla 3 <i>Materiales para toma de muestras en campo</i>	33
Tabla 4 <i>Materiales de laboratorio para la etapa experimental.</i>	33
Tabla 5 <i>Equipos de laboratorio para la etapa experimental.</i>	34
Tabla 6 <i>Reactivos químicos.</i>	35
Tabla 7 <i>Plan de análisis de datos.</i>	37
Tabla 8 <i>Puntos de muestreo.</i>	40
Tabla 9 <i>Resultados de parámetros físico químicos de los puntos de muestreo.</i>	52
Tabla 10 <i>Resultados de pH por punto de muestreo.</i>	52
Tabla 11 <i>Resultados de SST por punto de muestreo.</i>	53
Tabla 12 <i>Resultados de Turbidez por punto de muestreo.</i>	53
Tabla 13 <i>Resultados de temperatura T° por puntos de muestreo.</i>	54
Tabla 14 <i>Resumen del objetivo general.</i>	55
Tabla 15 <i>Prueba T para la presencia de microplásticos.</i>	56
Tabla 16 <i>Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).</i>	57
Tabla 17 <i>Estadísticos descriptivos para la Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).</i>	58
Tabla 18 <i>Prueba de normalidad para Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l)</i>	60
Tabla 19 <i>Prueba de homogeneidad para la varianza de la cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).</i>	61



Tabla 20 <i>Anova - Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).</i> ..	62
Tabla 21 <i>Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.</i>	62
Tabla 22 <i>Cantidad de microplásticos según Forma (Und/l).</i>	64
Tabla 23 <i>Estadísticos descriptivos para la Cantidad de microplásticos según forma: PM - 1 (Und/l).</i>	66
Tabla 24 <i>Estadísticos descriptivos para la cantidad de microplásticos según forma: PM - 2 (Und/l).</i>	68
Tabla 25 <i>Estadísticos descriptivos para la cantidad de microplásticos según forma: PM - 3 (Und/l).</i>	70
Tabla 26 <i>Tamaño de los microplásticos según forma (μm).</i>	72
Tabla 27 <i>Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 1 (μm).</i>	73
Tabla 28 <i>Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 2 (μm).</i>	76
Tabla 29 <i>Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 3 (μm).</i>	78
Tabla 30 <i>Cantidad de microplásticos por color (Und/l).</i>	79
Tabla 31 <i>Estadísticos descriptivos para la cantidad de microplásticos por color: PM - 1.</i>	82
Tabla 32 <i>Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 2 (Und).</i>	84
Tabla 33 <i>Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según color: PM - 3 (Und).</i>	87
Tabla 34 <i>Cantidad promedio porcentual de microplásticos por tipo de polímero y punto de muestreo.</i>	96



Tabla 35 *Comparación promedio de tipos de polímero por punto de muestreo. 97*

Tabla 36 *Matriz de consistencia..... 115*



LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
ANOVA	: Análisis de varianza.
EDAR	: Estación Depuradora de Aguas Residuales.
FT-IR	: Fourier Transform Infrared Spectroscopy (Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier).
LMP	: Límites Máximos Permisibles.
MPs	: Microplásticos.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
MSFD	: Marine Strategy Framework Directive. (Directiva Marco de la Estrategia Marina).
PTAR	: Planta de tratamiento de aguas residuales.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
PM	: Punto de monitoreo.
PET	: Tereftalato de Polietileno
PP	: Polipropileno
PS	: Poliestireno
PVC	: Policloruro de Vinilo
PA	: Poliamida-Nylon
SCS	: Standardized Size and Colour Sorting System (Sistema Estandarizado de Clasificación de Tamaños y Colores).
µm	: micras.
mm	: milímetros.



RESUMEN

Los microplásticos son partículas minúsculas presentes en todos los ecosistemas, en especial el agua, su presencia está relacionada con el inadecuado manejo de residuos plásticos generados por el consumo masivo de diversas actividades productivas. Las principales fuentes de contaminación por microplásticos son los residuos presentes en los ríos y aguas superficiales, al igual que las aguas residuales provenientes de actividades industriales y domésticas. A nivel nacional se han realizado escasas investigaciones sobre la identificación de microplásticos en sedimentos y hasta la fecha ninguna investigación en Plantas de tratamiento de aguas residuales. Por esta razón, la presente investigación se enfoca en evaluar la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo, con el objetivo de identificar la presencia de microplásticos. Así mismo, se aplicó una metodología de nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño de investigación no experimental, donde se tomó muestras simples en 3 puntos de muestreo con 7 réplicas. Del total de muestras analizadas, los resultados identifican 6208 und/l de microplásticos. Según su morfología se identificaron de mayor cantidad de tipo fragmento (37%), en cuanto al color predominó el translúcido (54.36%) y en menor cantidad el color amarillo (1.78%). En cuanto al tamaño por forma, el tipo fibra presenta mayor tamaño con un promedio de 1023.22 μm , y el tipo fragmento presenta el menor tamaño 111.72 μm . Se identificaron 5 tipos de polímeros correspondientes a; Polietileno (PE) 35%, Polipropileno (PP) 32%, Poliamida/Nylon (PA) 19%, polietileno de baja densidad (LDPE) 11% y Policloruro de vinilo (PVC) 6%. Los datos recopilados, establecen una línea base que resulta valiosa para comprender el contexto actual de los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo.

Palabras Claves: *microplásticos, polímeros, morfología, efluente, espectroscopio.*



ABSTRACT

Microplastics are tiny particles present in the environment ecosystems, especially water, their presence is related to the inadequate management of plastic waste generated by the massive consumption of various productive activities. The main sources of microplastic pollution are waste present in rivers and surface waters, as well as wastewater from industrial and domestic activities. At the national level, few studies have been carried out on the identification of microplastics in sediments and to date, none in Wastewater Treatment Plants. For this reason, this research considers the discharge of the effluent from the San Jerónimo WWTP as a study unit, with the objective of identifying the presence of microplastics. Likewise, a descriptive level, quantitative methodology with a non-experimental research design was applied, where simple samples were taken at 3 sampling points with 7 replications. Of the total samples analyzed, the results identify 6208 und/L of microplastics. According to their morphology, a greater quantity of fragment type was identified (37%), in terms of color, translucent predominated (54.36%) and in a lesser quantity, yellow (1.78%). Regarding size by shape, the fiber type has the largest size with an average of (1023.22 μm), and the fragment type with (111.72 μm) represents the smallest size. 5 types of polymers were identified corresponding to; Polyethylene (PE) 35%, Polypropylene (PP) 32%, Polyamide/Nylon (PA) 19%, low density polyethylene (LDPE) 11% and Polyvinyl chloride (PVC) 6%. The data collected establishes a baseline that is valuable to understand the current context of microplastics in treated wastewater from the San Jerónimo WWTP.

Keywords: *Microplastics, Polymers, Morphology, Effluent discharge, FT-IR.*



INTRODUCCION

El aumento acelerado del uso de plásticos por la actividad humana ha generado una creciente preocupación ambiental en los ecosistemas acuáticos, debido a la liberación de fragmentos, denominados microplásticos. Comprenden tamaños entre 1 μm y 5 mm, son contaminantes que representan una amenaza invisible pero significativa para la calidad del agua y la salud, con un efecto directo y evidente en los seres vivos, especialmente en los organismos acuáticos. Esta problemática, despierta un interés sobre la preservación del medio ambiente en la gestión de recursos hídricos, asociados a la contaminación por microplásticos.

Son las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, las que desempeñan un papel importante para la eliminación de residuos contaminantes, sin embargo, una gran parte de aguas servidas regresan a sus cauces sin el tratamiento adecuado ya que las tecnologías y/o alternativas utilizadas para la remoción de microplásticos son inadecuadas, no permitiendo una degradación apropiada. Por consiguiente, la mejora de la calidad del agua tratada.

En este sentido y desde el punto de vista ambiental el estudio y comprensión de la contaminación de aguas tratadas por microplásticos es esencial para complementar diversas estrategias de gestión de aguas residuales y contribuir a la preservación de los ecosistemas acuáticos, es por ello que la presente investigación se centra en la identificación de microplásticos en aguas tratadas de la descarga del efluente de la PTAR- San Jerónimo.

El trabajo se desarrolla mediante el aislamiento de microplásticos en muestras de agua, seguida de la identificación y cuantificación de las mismas, a través de un análisis de muestras recolectadas, utilizando técnicas de caracterización.

Por otra parte, el estudio contribuye al conocimiento de la contaminación por microplásticos, con la finalidad de proporcionar información adecuada para desarrollar



trabajos relacionados sobre el impacto ocasionado por estos contaminantes, enfocados a la preservación del medio ambiente para impulsar un futuro sostenible y la protección de los recursos hídricos.



CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del Problema

El incremento en la generación de residuos a lo largo del tiempo ha dado lugar a problemas medioambientales cada vez más significativos debido a una rápida expansión de áreas urbanas y el desmesurado aumento de la población. Entre estos residuos, el plástico destaca como uno de los principales responsables del impacto negativo en el medio ambiente por su alta producción y lenta degradación, la cual afecta de manera significativa en los ecosistemas acuáticos, se estima que a nivel global existen 8, 300 millones de toneladas de este material desde el inicio de su producción. (Regueiro, 2019).

La amplia distribución de microplásticos (MPs) en los sistemas acuáticos a nivel mundial, ha despertado un gran interés en la ciudadanía e investigadores. Los microplásticos, que abarcan fibras y fragmentos formados como resultado de la descomposición de plásticos, son considerados como un tipo de contaminante novedoso. (Ryan, 2009).

Los microplásticos se generan debido a la eliminación de los residuos plásticos y la descomposición química de diferentes artículos, tales como cosméticos, ropa sintética, artículos de pesca, desechos plásticos de uso cotidiano, procesos industriales, entre otros. En la actualidad se tienen identificados dos tipos de microplásticos que contaminan el medio natural, según su origen se clasifican en primarios y secundarios. Los microplásticos primarios consisten en fragmentos de plástico fabricados directamente en forma de partículas pequeñas con un tamaño menor a 5 mm de diámetro aproximadamente, estas diminutas partículas de plástico son el resultado de la manufactura de productos industriales, de cuidado personal y de limpieza, estos fragmentos de plástico se vierten directamente en el medio ambiente y además pueden ser liberados en cuerpos de agua, representando entre el 15 - 31%



de la contaminación de los océanos. Por otra parte, los microplásticos secundarios son los que se constituyen a partir de la degradación progresiva a lo largo del tiempo de objetos grandes de plástico, como bolsas, botellas, entre otros, esta descomposición de los plásticos ocurre debido a la exposición a la luz solar, calor, fuerzas mecánicas y acción del agua, como consecuencia se produce la descomposición física y química de los plásticos que genera la formación de fragmentos más pequeños, al entrar en el medio ambiente pueden contaminar diferentes entornos, como cuerpos de agua, suelos e incluso el aire. (Bollain & Vicente, 2020)

Cuando los desperdicios plásticos llegan al mar pueden ser ingeridos por organismos acuáticos, lo que potencialmente puede afectar a su salud y el equilibrio de su ecosistema, por otra parte, pueden acumularse en la cadena alimenticia, ya que al ser consumido por organismos marinos llegan a transmitirse al último eslabón de la cadena trófica que es el ser humano, en consecuencia, genera un posible impacto en la salud humana. (Bollain & Vicente, 2020)

En Perú, el problema de la contaminación por microplásticos en sistemas acuáticos se ha intensificado con el pasar de los años. El Ministerio del Ambiente realiza diversas campañas de sensibilización denominadas “Menos plásticos más vida”, ya que la contaminación hídrica está incrementando excesivamente debido al uso de productos plásticos no degradables, en los diferentes monitoreos a playas y ríos se observó que el mayor agente contaminante es el plástico convirtiéndolo en una sustancia altamente peligrosa, también se ha identificado que la ingestión de microplásticos en cantidades significativas puede perturbar el funcionamiento del sistema endocrino en peces adultos y otras especies, incluyendo el ser humano (MINAM, 2020).

De manera local se observa que la ciudad del Cusco cuenta con un sistema de alcantarillado combinado, esto significa que las aguas residuales y pluviales se están



fusionando, provocando que los procesos unitarios de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Jerónimo no sean los adecuados para tratar el tipo de agua que ingresa, esto se debe a los residuos que se discurren y disponen en las calles llegando a la PTAR por medio de las lluvias. (Mendívil, 2002)

De acuerdo con el informe de la Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad de Cusco, en los últimos meses, el botadero controlado de Haquira ha registrado un aumento en la recepción de residuos sólidos diarios, mostrando cifras de 300 toneladas a recibir 500 toneladas de residuos sólidos diarios. Así mismo, informes publicados por la Municipalidad del Cusco en el año 2020 documentaron un aumento desmesurado en el uso de plásticos y envases de Tecnopor (MUNICIPALIDAD DEL CUSCO, 2020).

En lo que respecta a la contaminación, se ha observado que el río Huatanay presenta concentraciones de coliformes fecales y totales que superan los niveles de Límites Máximos Permisibles, alcanzando cifras superiores a 1100 NMP/100 ml, en relación a los residuos sólidos. En la ciudad del Cusco se estima que cada ciudadano genera alrededor de 0.7 Kg. de residuos sólidos por día, en consecuencia se generaría un total de más de 200 Tn/día aproximadamente, donde se observa que un 80% de residuos son plásticos, de los cuales aún no se tiene amplitud de estudios detallados sobre su caracterización y tratamiento específico, es decir, de las 200 Tn/día, se recolecta alrededor del 70% de residuos, quedando así un 30 % que podrían estar siendo arrojados al cauce del río Huatanay y aguas abajo al río Vilcanota, aportando a la contaminación de los cuerpos de agua en la ciudad del Cusco. Las aguas que discurren a través del sistema de alcantarillado que son producto de aguas servidas y pluviales deberían ser tratadas adecuadamente en la PTAR San Jerónimo para que en su disposición final puedan contribuir al río con aguas que contengan sólidos removidos y de esta forma se



puedan aprovechar estas aguas tratadas para el uso en la agricultura de los distritos de Santiago, Wanchaq, San Sebastián y San Jerónimo. (Mendívil, 2002).

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Existe presencia de microplásticos en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la cantidad de microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023?
- b) ¿Qué características tienen los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023?
- c) ¿Cuál es la identidad polimérica de los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023?

1.3. Justificación

1.3.1. Conveniencia

El medio terrestre, llega a contaminarse debido a la mala disposición de residuos sólidos, afectando negativamente al medio acuático y salud de los seres vivos mediante la acumulación de la cadena trófica. Por este motivo, es necesario evaluar la presencia de microplásticos en la descarga del efluente de la PTAR San Jerónimo la cual se encuentra bajo la administración de la E.P.S. SEDA CUSCO S.A., así como la caracterización de los diferentes tipos y tamaños de plásticos para brindar información acerca de los microplásticos, lo que servirá como base para el desarrollo de futuras investigaciones.



Actualmente las aguas residuales tratadas de la PTAR San Jerónimo son vertidas y reutilizadas para riego de vegetales y bebida de animales, mismo uso que corresponde a la categoría 3 de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, se sabe los Estándares de Calidad dados por el Decreto Supremo N°023-2009 MINAM no contemplan como parámetro a evaluar la presencia de microplásticos. De manera directa y precisa con esta investigación se podrán tomar o exigir a la PTAR San Jerónimo la consideración de mejores decisiones para un control exhaustivo de su tratamiento.

1.3.2. Relevancia Social

De manera directa, con esta investigación se podrá tomar o exigir mejores decisiones para promover la agricultura sustentable a través del riego con aguas tratadas, sin poner en riesgo el bienestar de generaciones futuras. Además, comprometerá a ciudadanos, autoridades e instituciones para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

Las aguas tratadas que desemboca la PTAR son destinadas para fines agrícolas, la cual necesita satisfacer estándares de calidad. De esta manera, la investigación tendrá relevancia social para comprender las implicaciones y consecuencias económicas, políticas y sociales. Esta perspectiva atraerá mayor atención y una mirada integral a los daños ocasionados al medio ambiente, causados por microplásticos.

1.3.3. Implicancias Prácticas

La identificación de la presencia de microplásticos en aguas residuales tratadas por la PTAR - San Jerónimo, contribuye a mejorar las prácticas del proceso de tratamiento de aguas residuales incluyendo tecnologías avanzadas relacionadas con la remoción efectiva de microplásticos como sistemas de filtración de alta precisión y efectuar medidas para reducir la entrada de microplásticos en el sistema de alcantarillado. Así mismo, conlleva a obtener



información adecuada acerca de las implicaciones de los microplásticos en el medio ambiente.

1.3.4. Valor Teórico

Contribuye al conocimiento científico al abordar un problema ambiental actual y crucial. Identifica y caracteriza la presencia de microplásticos en la descarga del efluente de la PTAR, este objetivo permite comprender cómo los microplásticos ingresan y se dispersan en sistemas acuáticos, pudiendo afectar la salud del ecosistema. Esta base teórica es esencial para la toma de decisiones y el diseño de políticas de gestión, así como para desarrollar estrategias de mitigación de la contaminación por microplásticos y concientización sobre la gestión de residuos plásticos, contribuyendo así al bienestar ambiental y a la protección de la salud pública.

1.3.5. Utilidad Metodológica

La metodología seleccionada comprende la toma de muestras de la unidad de estudio para realizar la identificación y evaluación de la presencia de microplásticos mediante análisis químicos, se usará además la técnica de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR) para el reconocimiento específico del tipo de polímeros, los cuales serán caracterizados morfológicamente siguiendo el sistema de clasificación estandarizado (SCS por sus siglas en inglés), clasificados por formas, tamaño, color.

Los métodos, técnicas e instrumentos que se emplean en este trabajo de investigación son viables y confiables, ya que se utilizan los indicadores analizados con programas estadísticos como el SPSS, el análisis de varianza (ANOVA) y Minitab 19 en la obtención de resultados lo que permite dar sustento al marco teórico.



1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo para identificar la presencia de Microplásticos, Cusco - 2023.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar la cantidad de microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023.
- b) Caracterizar los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023.
- c) Determinar la identidad polimérica de los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023.

1.5. Delimitación del Estudio

1.5.1. Delimitación Espacial

La presente investigación se realizó en la zona de descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo, Distrito de San Jerónimo, Provincia de Cusco, Departamento de Cusco, con una delimitación de 300 metros lineales.

A su vez el proceso experimental del estudio se realizó en el laboratorio de química de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco y en el laboratorio de química orgánica de la Universidad San Antonio Abad del Cusco.

- Departamento : Cusco.
- Provincia : Cusco.
- Distrito : San Jerónimo.



1.5.2. Delimitación Temporal

La delimitación temporal para la investigación abarca el periodo comprendido entre marzo y octubre del presente año 2023. Durante estos meses, se llevó a cabo la recopilación, análisis y evaluación de los datos.



CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Mintenig, 2017), en su investigación *“Identificación de microplásticos en los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales utilizando imágenes infrarrojas de micro-transformada de Fourier basadas en matriz de plano focal”*. Tiene por objetivo identificar microplásticos en 12 plantas de tratamiento, la metodología planteada fue un muestreo en cada fase de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), el análisis realizado fue mediante espectrómetro FT-IR, un microscopio y un detector FPA. El material previamente clasificado ($>500 \mu\text{m}$) fue fotografiado e identificado mediante la Reflectancia Total Atenuada (ATR-FT-IR). Como resultado se detectaron MP $> 500 \mu\text{m}$ en efluentes. La mayoría de MP se identificó como polietileno y polipropileno. En total, se detectaron de uno a cinco polímeros en un rango de tamaño de $500\text{--}7200 \mu\text{m}$. En conclusión, las EDAR contienen espectros de todos los polímeros comunes.

(Abeynayaka, 2022), realizó la investigación *“Microplásticos en plantas de tratamiento de aguas residuales”*. Tiene el objetivo de identificar las principales fuentes de microplásticos en las PTAR, e investigar métodos de detección y niveles de concentración, después de realizar la evaluación respectiva muestra la eficacia para eliminar microplásticos en plantas de tratamiento de aguas residuales. Respecto a su metodología los investigadores utilizaron métodos analíticos basados en μ -Raman y FT-IR para la identificación de polímeros. Presenta una discusión sobre los resultados de calidad de agua y de lodos mediante procesos biológicos que aportarían al tratamiento de aguas residuales con microplásticos. Finalmente, los descubrimientos se resumen posteriormente en proponer mejoras y



direcciones a seguir en futuras investigaciones y desarrollos enfocados en abordar la problemática de la contaminación por microplásticos. La investigación identificó que las medidas políticas de apoyo, junto con diseños efectivos de plantas de tratamiento, son importantes para minimizar la contaminación relacionada con los microplásticos. Al mismo tiempo, el conocimiento del origen de estos es útil para identificar y diseñar métodos de tratamiento y diseño de EDAR.

(Ruffell, 2019), en su investigación *“Plantas depuradoras de aguas residuales como fuente de microplásticos para el medio ambiente”*. Tiene el objetivo de identificar microplásticos en la EDAR. El método desarrollado para extraer e identificar microplásticos presentes en afluentes y efluentes de aguas residuales fue mediante un estudio de campo de cuatro EDAR en la región de Canterbury. Los microplásticos se extrajeron de las aguas residuales mediante tamizado húmedo, digestión química y filtración al vacío. Se identificaron visualmente los posibles microplásticos y se clasificó su tipo de polímero mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Como resultado se detectaron microplásticos en el afluente y efluente, se muestra que fueron más abundantes en el afluente (67%) que en el efluente (33%). Concluyeron que los microplásticos están presentes en las EDAR y son una fuente importante de microplásticos a través de los efluentes vertidos a los entornos costeros de Canterbury.

(Bollain & Vicente, 2020), *“Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública”*. Tiene como objetivo identificar la presencia de microplásticos en las aguas y cómo influye en la salud pública. La metodología empleada para llevar a cabo el análisis se fundamentó en la de pretratamiento con y sin digestión, filtración mediante filtros especiales de celulosa o policarbonato y análisis instrumental mediante F-TIR y micro-espectroscopia Raman. Como resultados se precisa que la evaluación de microplásticos



presentó dificultades recurrentes en todos los estudios analíticos, siendo el tiempo de análisis un factor crítico necesarios para analizar cada partícula en una superficie pequeña. Finalmente concluye que, la abundante producción de residuos que incluyen diversos tipos de polímeros, junto con la ineficacia del sistema de reciclaje, respalda la presencia generalizada de microplásticos a nivel global. Dada la ausencia de respaldo científico, es imperativo ahondar en la investigación de los posibles impactos y la presencia de este elemento en la cadena alimentaria y en el agua destinada al consumo. Hasta que no se cuente con esta evidencia y se disponga de métodos de control efectivos, será complicado considerarlo como un parámetro a supervisar en las aguas destinadas al consumo humano.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Hasta la fecha, en el país no se han registrado precedentes acerca de la detección de microplásticos en plantas de tratamiento de aguas residuales. No obstante, se han identificado investigaciones vinculadas a este tema.

(Manrique, 2019), realizó la investigación denominada “*Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú*”. Tiene como objetivo diseñar una estrategia de monitoreo de microplásticos en sedimentos fluviales, implementar una metodología de extracción de microplásticos, caracterizar los microplásticos aislados y analizar la distribución espacial de estos contaminantes, tomando como unidad de estudio la cuenca baja hasta la desembocadura del río Jequetepeque. La metodología utilizada en la investigación fue mediante identificación de microplásticos por espectroscopia Raman y clasificados en función a su forma, color y tipo de polímero. La investigación concluyó en la identificación de 18 ítems, entre fragmentos y películas, compuestos generalmente por polietileno y polipropileno. Contribuyen con un modelo que puede ser replicado en otros estudios para la extracción de microplásticos en cuencas.



(Fuentes M. D., 2021), realizó el estudio denominado *“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”*. Su investigación tiene como objetivo determinar la presencia de microplásticos en las aguas residuales de la PTAR- Media Luna, para posteriormente caracterizar e identificar la composición polimérica de los microplásticos mediante el equipo microscopía de infrarrojos por transformada de Fourier (FR-IR), en cuanto a sus resultados, predominaron los minimicroplásticos según el tamaño, siendo el polietileno, poliamida-nylon y polipropileno los polímeros con mayor frecuencia, en cuanto a la forma se halló minifragmentos y microfibras en mayores cantidades. A la vez muestra una disminución de la presencia de microplásticos desde el punto de ingreso al punto de salida del agua residual en la PTAR Media Luna. Esta investigación arrojó información sobre la detección de microplásticos en los afluentes y efluentes de la PTAR-ML.

(Huanaco, 2019), en su investigación titulada *“Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rímac”*. Tiene por objetivo determinar la presencia de microplásticos en los sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rímac, efectuando una metodología para el análisis e identificación de microplásticos, así mismo, realiza entrevistas a la población asentada a los alrededores de las zonas de muestreo para conocer las actividades que realizan. En cuanto a resultados, identificó 538,9 MPs/m² en noviembre de 2017, y 16 566,7 MPs/m² en agosto de 2018. Los microplásticos hallados pertenecen a poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato. La forma predominante de microplásticos es fragmento, filamento y película. Por otro lado, 90,4% de los encuestados tienen un escaso conocimiento acerca de los microplásticos, lo que resalta la urgencia de establecer un programa de concientización y educación ambiental sobre esta fuente de contaminación. La investigación concluye identificando las fuentes reconocidas de



microplásticos, así como los efluentes industriales y residenciales que desempeñan un papel fundamental.

(Rios, 2017), en su investigación denominada “*Caracterización de los microplásticos e identificación de su origen, en el balneario Costa Azul, Ventanilla – Callao 2017*”. El cual tiene por objetivo identificar y caracterizar el origen de los microplásticos en el balneario “Costa Azul”, la metodología utilizada fue la designación de 9 puntos de muestreo de forma horizontal hacia la orilla, luego de obtener las muestras de microplásticos se emplearon tamices de tres diferentes medidas. Para la identificación de los polímeros existentes se empleó el equipo espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR). Concluye que los tipos de microplásticos encontrados en el balneario “Costa Azul” fueron el polietileno de alta densidad y polipropileno, en cuanto a los colores predominaron el azul, verde, amarillo y negro. Los posibles orígenes de microplásticos son el río Chillón ya que a sus alrededores existen establecimientos dedicados al reciclaje y los bañistas que concurren a la playa.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aguas Residuales

Las propiedades físicas del agua residual abarcan factores como la cantidad total de sólidos, que engloba tanto la materia en suspensión como la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Además, se consideran el olor, la temperatura y la turbidez como otras características. (Galves Martinez, 2005).



2.2.2. Sólidos Totales Suspendidos (SST) en Aguas

Los sólidos suspendidos totales (TSS) son un parámetro de calidad del agua la cual se puede definir como la cantidad de sustancias en suspensión en un volumen específico de agua que pueden ser retenidas por un filtro. (Galves Martinez, 2005)

2.2.3. Temperatura

La temperatura surge como resultado de la energía interna de un cuerpo que tiene como característica la termodinámica, o la capacidad de generar energía cinética, es decir, el movimiento de todas las partículas que constituyen ese cuerpo en particular. (Domingo, 2015)

2.2.4. pH

Medida del nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución, la cual es medida en un rango de 0 a 14. En esta escala, un valor pH de 7 es neutro, lo que significa que la sustancia o solución no es ácida ni alcalina. (Perez, 2016)

2.2.5. Plásticos

Son materiales sintéticos obtenidos por la polimerización derivados del petróleo. Son considerados materiales orgánicos como la madera, el papel o la lana. Los plásticos, habitualmente son polímeros moldeados por presión y calor. Una vez que llegan a la fase que comúnmente conocemos como estado plástico, muestran una notable resistencia a la degradación, además de ser livianos. La falta de facilidad para reciclarlos y su lenta degradación llevan a la acumulación de estos materiales en el medio ambiente, lo que se ha identificado como un creciente desafío ambiental.

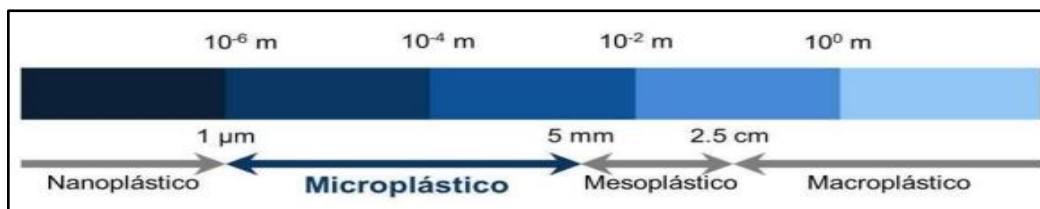
Los productos etiquetados como “biodegradables” no parecen reducir de manera sustancial la cantidad de plástico que ingresa a los cuerpos de agua, tampoco minimizan el impacto físico o químico en los ecosistemas acuáticos y terrestres, donde también se ha

confirmado su existencia. Pese a su gran estabilidad física, los plásticos con el tiempo se pueden ver sometidos a erosión física y química, degradándose en fragmentos más pequeños. A pesar de su notable resistencia física, los plásticos con el paso del tiempo pueden experimentar erosión tanto física como química, descomponiéndose en fragmentos de menor tamaño como son los microplásticos y nanoplásticos (Bollain & Vicente, 2020).

- Macroplásticos: partículas con tamaños superiores a 5mm.
- Microplásticos: partículas con tamaños entre 1µm y 5mm.
- Nanoplásticos: partículas con tamaños inferiores a 1µm.

Figura 1

Escala de tamaños de partículas microplásticas.



Nota: Adaptado de *Clasificación de los microplásticos según el Subgrupo Técnico en Residuos Marinos de la MSFD*, Van Cauwenberghe, 2015.

a. Clasificación de Plásticos por su Composición.

a.1. Plásticos Estándar.

Se refieren a productos que se producen y utilizan en grandes cantidades debido a su costo asequible. Algunos de estos plásticos son el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el policloruro de vinilo (PVC) o el copolímero acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).

a.2. Plásticos Técnicos.

Son aquellos que tienen propiedades estructurales, de transparencia, autolubricación, resistencia a temperatura, entre otros. Algunos de estos plásticos son la poliamida (PA), el



poliacetal (POM), el policarbonato (PC), el politereftalato de etileno (PET), el poliéter de fenileno (PPE) y el politereftalato de butileno (PBT).

a.3. Plásticos Especiales.

Poseen una característica particular de manera excepcional, por ejemplo, el polimetacrilato de metilo (PMMA), con una alta claridad y resistencia a la luz, o el politetrafluoroetileno (teflón), que tiene resistencia a la temperatura y a los productos químicos.

a.4. Plásticos de Altas Prestaciones.

Principalmente son termoplásticos que exhiben una alta resistencia al calor, es decir, poseen resistencia mecánica a temperaturas elevadas, específicamente superiores a 150°C. La poliimida (PI), la polisulfona (PSU), la polietersulfona (PES), la poliarilsulfona (PAS), el polisulfuro de fenileno (PPS) y los liquid crystal polymers (LCP) son plásticos de altas prestaciones.

La composición polimérica de plásticos está definida a partir de su estructura química, pero se relaciona directamente con la aplicación de este material en varios insumos. (Aimplas, 2019).

b. Polímeros.

Los polímeros son macromoléculas comúnmente de naturaleza orgánica formadas por la unión de moléculas más pequeñas conocidas como monómeros a través de enlaces químicos covalentes. Estas macromoléculas se caracterizan por su estructura molecular alargada, unidas unas a otras mediante diversas fuerzas. (Alvarez., 2021)

Los polímeros más comunes y de mayor uso son:



b.1. Polipropileno (PP).

Se caracteriza por su capacidad para soportar el calor y su impermeabilidad a la humedad, la grasa y sustancias químicas. Estas cualidades lo hacen apropiado para la elaboración de envases de mantequilla y yogur, así como para sorbetes y tapas de botellas. Es seguro para su reutilización y susceptible de ser reciclado.

b.2. Tereftalato de Polietileno (PET).

Se refiere al tipo de plástico ampliamente utilizado en la fabricación de envases, como botellas para bebidas gaseosas, agua, aceite, y similares. Este material presenta la ventaja de ser susceptible de reciclaje, lo que permite obtener fibras para rellenar almohadas o fabricar alfombras. Por lo tanto, se aconseja depositarlo en contenedores adecuados. Además, si se encuentra en condiciones de limpieza adecuadas, es posible reutilizarlo

b.3. Poliestireno (PS).

Es ampliamente utilizado en cafeterías y restaurantes de comida rápida, específicamente en envases de hamburguesas, vasos desechables para bebidas calientes, utensilios de plástico y recipientes de helado. Es importante tener en cuenta que este material tiene un alto potencial de contaminación y, por lo tanto, no se debe reutilizar para contener otros alimentos. No obstante, es apto para el reciclaje y se puede emplear en la fabricación de viguetas de plástico o macetas.

b.4. Policloruro de Vinilo (PVC).

Debido a sus propiedades, este material resulta ideal para la producción de envases de shampoo, detergentes, juguetes, tuberías, mangueras e incluso envoltorios de alimentos. A diferencia de los materiales previamente mencionados, no es adecuado para el reciclaje y no se recomienda su reutilización.

b.5. Polietileno de Alta Densidad (HDPE).


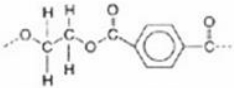









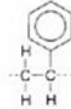
Se caracteriza por su mayor espesor y firmeza, lo que le proporciona una mayor resistencia al calor y al frío. Se utiliza en la fabricación de envases de productos lácteos, garrafas, detergentes y bolsas de plástico. Este tipo de plástico es reciclable y es apto para ser reutilizado si se encuentra en un estado higiénico adecuado.

b.6. Polietileno de Baja Densidad (LDPE).

Es reconocido por su alto nivel de seguridad, lo que justifica su uso en envases como botellas de agua, bolsas de compras, plástico para envolver y guantes. Este material es apto para ser reciclado, particularmente en forma de bolsas.

Figura 2

Estructura de polímeros por tipo de microplásticos.

Símbolo	Estructura química	Aplicaciones
 PET	 Polietilentereftalato	Botellas de bebidas carbonatadas y agua mineral, bandejas
 HDPE	 Polietileno de alta densidad	Contenedores para jugos, leche y agua, juguetes, botellas de detergente y lavandina
 PVC	 Policloruro de vinilo	Botellas de champú, algunas botellas de agua mineral y jugo de limón bolsas
 LDPE	 Polietileno de baja densidad	Bolsas de todo tipo
 PP	 Polipropileno	Algunas bolsas, bandejas, vasos, juguetes, botellas, tarros tapas de botellas
 PS	 Poliestireno	Vasos, bandejas, cajas de CD, cubiertos descartables, videocassettes

Nota: Adaptado de Tecnología de los Plásticos, Mariano 2012.



2.2.6. Microplásticos en el Agua

Son partículas plásticas que varían en tamaño desde menos de 5 mm hasta dimensiones diminutas que resultan imperceptibles. Estos surgen como resultado del deterioro de los desechos plásticos.

A pesar de que no existe una definición estandarizada del término "microplásticos", en las Actas del taller internacional de investigación sobre la presencia de microplásticos, efectos y destinos de los desechos marinos en el 2008 la cual fue instaurada por (NOAA, 2015) (National Oceanic and Atmospheric Administration) de Estados Unidos. Los asistentes llegaron a un consenso en cuanto a utilizar 5 mm como límite máximo para definir los microplásticos. Por otro lado, dentro del campo de los nanomateriales, se definen como nanoplásticos aquellos que tienen un tamaño inferior a 100 μm . (Bollain & Vicente, 2020).

a. Tipos de Microplásticos.

Las posibles fuentes de origen en cuanto al tipo de microplásticos son:

a.1. Primarios.

Fragmentos de plástico fabricados directamente en forma de partículas pequeñas con un tamaño menor a 5 mm de diámetro aproximadamente, estas diminutas partículas de plástico son el resultado de la manufactura de productos industriales, de cuidado personal y de limpieza, como materia prima para la producción de plásticos.

a.2. Secundarios.

Se producen como resultado de la degradación física o química de plásticos mayor tamaño que se introducen en el entorno debido a una inadecuada administración de los residuos. (Bollain & Vicente, 2020)



b. Caracterización de Microplásticos por su Tamaño.

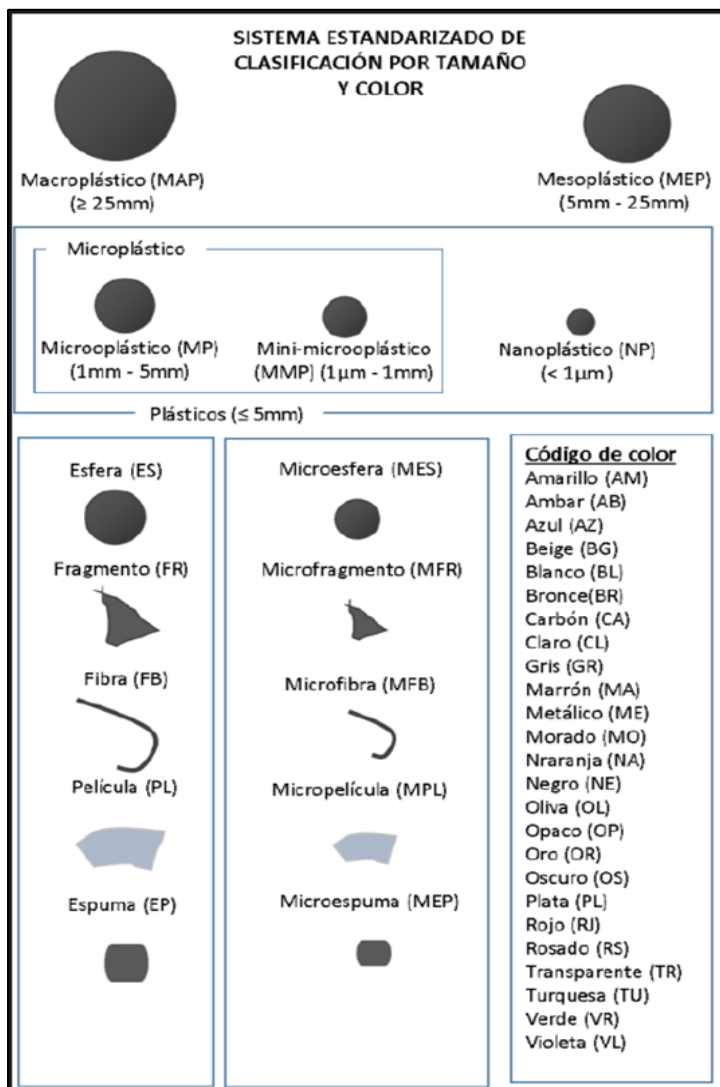
El procedimiento de tamizado se emplea para categorizar los microplásticos en función de su tamaño y el material filtrante, siendo una de las técnicas más comunes para separar los plásticos en muestras de agua y se debe a su fácil manejo, alta eficiencia y factores de enriquecimiento deseables. Hay variedad de filtros de membrana hechos de distintos materiales y disponibles en una gama de tamaños de poros (desde varios μm hasta decenas de nm) permitiendo su fraccionamiento.

Una de las ventajas clave es que los microplásticos conservan su forma y tamaño, esto facilita su identificación y medición más precisa.

Para esta clasificación se consideró el rango de tamaños de microplásticos definidos por el sistema estandarizado de clasificación por tamaño y color (Standardised Size and Colour Sorting System – SCS). Esta guía posibilita la determinación de los colores de plástico más comunes en la superficie del océano, lo cual guarda relación con el tamaño de los plásticos y su proximidad.

Figura 3

Clasificación de microplásticos por forma, tamaño y color.



Nota: Adaptado de *Clasificación de MPs según el Sistema Estandarizado de clasificación por tamaño y color (SCS)*, Carwford y Quinn, 2017.

c. Caracterización de Microplásticos por su Forma.

Los microplásticos adoptan diversas formas en el entorno, los cuales se clasifican en; esferas, espuma, fibras, fragmentos, y películas. La morfología de estos elementos se origina a partir del proceso de degradación de plásticos más grandes, los cuales han experimentado condiciones de desgaste durante su exposición. (Rodríguez, 2020).



d. Origen de la Presencia de Microplásticos en Plantas de Tratamiento.

Las plantas de tratamiento recolectan el agua residual de una comunidad completa, reconociendo que, la única fuente de microplásticos en el agua es la actividad humana, por lo tanto, para abordar el origen de los microplásticos en una PTAR necesitaríamos hablar acerca de cómo se distribuyen en el agua, así como de la descomposición de objetos plásticos de mayor tamaño que contaminan el lecho del río.

En resumen, surgen como resultado de determinados factores físicos, químicos y biológicos, desintegrándose progresivamente en fragmentos de menor tamaño hasta convertirse en microplásticos.

e. Impacto de Microplásticos en la Salud.

Las investigaciones recientes indican que existe evidencia respecto a la ingesta de microplásticos, así como del impacto físico directo en la fauna acuática y la toxicidad por incorporación de compuestos químicos (plastificantes, aditivos, metales pesados, entre otros.) a la cadena trófica. (Flores et al., 2021).

f. Impacto de Microplásticos en la Agricultura.

Los microplásticos en la agricultura representan un problema ya que pueden alterar la estructura física del suelo y reducir su capacidad para retener agua.

Los microplásticos tienen la capacidad de acumularse en el suelo y causar daño a organismos beneficiosos como las lombrices de tierra y los hongos micorrízicos, los cuales desempeñan un papel fundamental en la salud del suelo y el desarrollo de las plantas.

Además, se ha observado que no solo hay pruebas de los efectos físicos y químicos directos, sino que también se ha documentado que los plásticos pueden servir como transporte para especies invasoras o incluso absorber otros contaminantes en su superficie



como los bifenilos policlorados (BPCs), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) o el diclorodifeniltricloroetano (DDT). (Roldan., 2022).

2.2.7. Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR)

La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) es una técnica utilizada tanto en el ámbito industrial como en los laboratorios académicos, con el propósito de analizar la estructura de moléculas a nivel individual y la composición de mezclas moleculares.

La espectroscopia FT-IR usa energía del infrarrojo para analizar una muestra. La luz infrarroja es absorbida a frecuencias particulares que están vinculadas directamente con las energías de enlace vibratorio entre átomos en la molécula. Cuando la energía de vibración de enlace y la longitud de onda media de la luz infrarroja son comparables, el enlace puede absorber esa energía. Los microscopios electrónicos proporcionan la morfología y el tamaño de las partículas, sin embargo, no son especialmente eficaces para partículas con un tamaño inferior a 1 μm , es decir, las nanopartículas. Además, la evaluación basada únicamente en la observación visual puede llevar a una subestimación o sobreestimación de la presencia de microplásticos, lo que no refleja con precisión la verdadera situación en cuanto a estos contaminantes. Estos métodos proporcionan una alta calidad de resolución, pero presentan el inconveniente en cuanto a las mediciones ya que son un proceso extenso y meticuloso, que solo es aplicable a partículas o áreas específicas de la muestra, no permitiendo un análisis completo y representativo. Esto implica que, la mayoría de los tipos de microscopía requieren un procesamiento y caracterización apropiados de las muestras a fin de asegurar que sean representativas. (Aglada, 2020).



2.2.8. Caracterización de Microplásticos por Espectroscopia.

Permite la rápida y precisa identificación de los tipos de polímeros en base a su espectro IR comparando con espectros de plásticos conocidos, identificados a través de la absorción de transiciones vibratorias después de la exposición a la luz infrarroja. Además, puede evaluar el proceso de degradación de las partículas mediante observación de la oxidación sobre su superficie. En el modo de transmisión, tiene la capacidad de analizar tanto microplásticos como nanoplásticos, ya que puede detectar partículas con tamaños tan pequeños como 10 nm. (Velandia, 2017).

El método para contar las partículas de microplásticos presentes en el ambiente y detectadas a través del microscopio se basa en el sistema de clasificación por tamaño y color estandarizado (SCS). Este procedimiento implica cuantificar el microplástico por unidad y posteriormente asignarles un código de identificación, que se crea en base a su información detallada (tamaño y aspecto que pueden presentar). (Crawford & Quinn, 2017).

2.2.9. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Realiza la limpieza de las aguas utilizadas para que pueda ser devuelto de forma segura a nuestro medio ambiente. Es un sistema de depuración que involucra múltiples fases de filtración de aguas residuales domésticas y municipales, el objetivo es reintroducirlas en el entorno para su reutilización, minimizando al máximo el impacto de condiciones naturales del cuerpo receptor de estas aguas. Su actividad principal es eliminar los sólidos, desde plásticos, trapos y vísceras hasta arena y partículas más pequeñas que se encuentran en las aguas residuales. (ONU, 2020).

a. PTAR San Jerónimo Cusco.

Definimos el tratamiento de aguas residuales como un proceso depurativo que abarca diversas etapas de filtración de las aguas residuales domésticas y municipales. El objetivo



fundamental es reintegrar estas aguas al medio ambiente tras su uso por la población, previamente mezcladas con diversos desechos, ya sean orgánicos, como los provenientes de instalaciones sanitarias, o químicos, derivados de actividades industriales. La filtración se lleva a cabo con el propósito de reutilización y aprovechamiento de estas aguas que impacten de manera mínima las condiciones naturales de los cuerpos receptores, que incluyen ríos, lagunas y mares, así como su aplicación en la agricultura.

Este sistema emplea diferentes tratamientos y procesos para la depuración y eliminación de residuos, los cuales abarcan procesos físicos, químicos y biológicos. El proceso de tratamiento del agua consta de tres etapas principales:

- ***Tratamiento primario***: es la separación y asentamiento de sólidos por filtración con rejillas.
- ***Tratamiento secundario***: se refiere al proceso biológico de convertir la materia orgánica disuelta presente en el agua residual en materia sólida que pueda suspenderse.
- ***Tratamiento terciario***: son tratamientos de microfiltración o desinfección, la cual trata un caudal promedio de 446 L/s.

b. Tratamiento de Microplásticos en Aguas Residuales.

Los microplásticos que se originan en actividades industriales y urbanas ingresan a las plantas de tratamiento a través del sistema de alcantarillado. A pesar de que estas instalaciones no fueron específicamente diseñadas para la eliminación de microplásticos se pueden lograr disminuir un porcentaje mínimo, siendo insuficiente debido al gran número de MPs que se emiten al medio ambiente cada día. (Fuentes M. D., 2021).



2.3. Hipótesis

2.3.1. *Hipótesis General*

La descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo cusco presenta microplásticos.

2.4. Variables e Indicadores

2.4.1. *Identificación de Variables*

a. Variable de Interés:

Descarga de efluente.

b. Variable de Caracterización:

Presencia de microplásticos.

2.4.2. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables.

TEMA: " EVALUACIÓN DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - SAN JERÓNIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023."						
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INTRUMENTO
VARIABLE DE INTERÉS: Descarga del Efluente de la PTAR	Será una variable dinámica que dependerá de diferentes factores tales como volumen y calidad. Es el fluido depositado en un cuerpo receptor que en este caso es el rio Huatanay.	Se definirá como el volumen requerido para la obtención de muestras, con el fin de realizar el análisis físico-químico para la identificación de la presencia de microplásticos (MPs).	Cantidad de agua	Volumen Temperatura SST turbidez pH	L °C mg/L NTU 1-7	Multiparámetro
		Identificación Mediante la microscopía se determinará la cantidad de microplásticos (MPs) encontrados en el efluente de la PTAR.	Cantidad de partículas identificadas por volumen de agua.	Cantidad de MPs por 1 litro de volumen de agua	Und/L	Microscopio/ Estereoscopio
VARIABLE DE CARACTERIZACIÓN: Presencia de Microplásticos	Los microplásticos pueden ser definidos como gránulos de plástico, fibras o fragmentos derivados de la descomposición de macropásticos que generalmente son microscópicos, los cuales contaminan el medio ambiente y por lo tanto las fuentes de agua	Caracterización Se definirá como la clasificación a partir de su morfología mediante la espectrometría	Cantidad de microplásticos	Forma: - Esfera - Fragmento - Fibra - Película - Espuma Color: - Amarillo - Rojo - Verde - Azul - Negro Tamaño: - Microplásticos (< 5)	Und/L	Microscopio /Estereoscopio
		Composición Polimérica Se definirá como la composición polimérica del microplástico mediante la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier	Composición polimérica	Tipo de polímero -PET -PE -PA -LDPE -PVC -PP -PS	%	Espectrómetro



2.4.3. Definición de Términos de Variables

a. Variable de Interés:

- Descarga de efluente de la PTAR

Variable dinámica que dependerá de ciertos factores tales como volumen y calidad del agua tratada que se libera de una planta de tratamiento de aguas residuales al medio ambiente, generalmente descargado a un cuerpo de agua, en esta ocasión es el río Huatanay, dicha descarga debe cumplir con los parámetros que exigen los Límites Máximos Permisibles.

b. Variable de Caracterización:

- Presencia de microplásticos

Definido como gránulos, fibras o fragmentos de plástico de pequeñas dimensiones, generalmente menores a 5 mm de tamaño, derivados de la descomposición de macroplásticos, los cuales contaminan el medio ambiente. Esta variable se utiliza para evaluar la cantidad y distribución de microplásticos en un entorno específico, la medición implica la identificación y cuantificación de estas partículas en una muestra específica.



CAPITULO III: MÉTODO

3.1. Alcance del Estudio

3.1.1. Tipo de Investigación

Según (Hernández Sampieri, 2010) la investigación realizada corresponde a un **enfoque cuantitativo** por el uso de procesos sistemáticos, lo que implica que se recopilan y analizan datos numéricos y cuantificables para responder a las preguntas de investigación. Es utilizada para las diferentes muestras extraídas de la unidad de estudio para realizar un plan de análisis de datos para la recolección de valores numéricos correspondientes a la cuantificación y caracterización de microplásticos, el cual requiere de un análisis estadístico para comprobar la hipótesis planteada.

Finalmente, a través del análisis estadístico, se logró verificar la validez de la hipótesis, de este modo, se respaldaron los resultados obtenidos en la investigación.

3.1.2. Nivel o Alcance de la Investigación

Por su nivel, la investigación pertenece a un **alcance descriptivo**, consiste en el acopio de datos que describen los acontecimientos para luego ser organizados y tabulados, son descritos en la recolección de datos, representados mediante gráficos y tablas estadísticas para ayudar a la comprensión eficiente. Se muestra el fenómeno inicial, se reveló su presencia y se concretan las características en un determinado grupo de muestra. (Hernández Sampieri, 2010).

3.1.3. Método de Investigación

El método **hipotético-deductivo** fue seleccionado como metodología utilizada en la presente investigación, dado que se formuló una hipótesis relacionada con el problema de investigación, que a través de un razonamiento deductivo intenta validar la hipótesis. El problema de contaminación por microplásticos implica el planteamiento de la siguiente hipótesis: La descarga del efluente de la PTAR- San Jerónimo Cusco presenta microplásticos,



con ello, se verifica y demuestra la veracidad de dicho enunciado mediante las diferentes pruebas experimentales.

3.2. Diseño de Investigación

El trabajo de investigación tiene un diseño **No Experimental**, ya que no hubo manipulación intencionada de variables. En su lugar, el estudio se centró principalmente en la observación de fenómenos tal como ocurrieron en su entorno natural, con el propósito de analizarlos. (Hernández Sampieri, 2010).

3.3. Población

Para (Lopez, 2004) la población es definida como el conjunto de características determinadas en concordancia con la formulación del problema y los objetivos de la investigación. Dicho esto, en la presente investigación, la población será representada por las aguas residuales tratadas que desemboca la PTAR y las aguas que son integradas al cuerpo receptor en el río Huatanay.

3.4. Muestra

Está definida como subconjunto o parte de la población en el que se llevará a cabo la investigación (Lopez, 2004). La muestra está compuesta por 3 puntos de muestreo con 7 repeticiones en cada punto, con la finalidad de conocer las condiciones promedio y asegurar la representatividad de la muestra. Se recolectaron un total de 21 muestras.

3.5. Área de Estudio

3.5.1. Ubicación

a. Ubicación Política.

Región : Cusco.

Provincia : Cusco.

Distrito : San Jerónimo.

Localidad : Collana.

b. Ubicación Geográfica.

La zona de la Planta de tratamiento de agua residuales, se ubica en el distrito de San Jerónimo, al sur este de la ciudad de Cusco, a una distancia de 11 Km de la provincia de Cusco, a $13^{\circ}33'10''S$ y $71^{\circ}52'4''W$, con una altitud de 3220 m.s.n.m. Se accede al lugar a través de una pista asfaltada la cual es destinada para vehículos de transporte público y privado.

Figura 4

Mapa de ubicación PTAR San Jerónimo Cusco.



Nota: Adaptado de Google Earth, 2023.

3.5.2. Accesibilidad

La Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo es accesible mediante la ruta de la prolongación Avenida la Cultura, ubicada a aproximadamente a 20 minutos de la ciudad de Cusco, siendo el punto de partida la colindante entre los Distritos de San Sebastián y San Jerónimo, la ruta se encuentra asfaltada y de libre acceso.



3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1. Técnicas

a. Técnicas de Fase de Campo.

Para la recolección de muestras de estudio se emplearon los métodos y procedimientos establecidos en el “PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS”- RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA.

b. Técnicas de Fase de Laboratorio.

Se emplearon metodologías, técnicas y procedimientos, con la finalidad de determinar la presencia y caracterización de microplásticos, realizando diversas pruebas experimentales en laboratorio. El método utilizado para el análisis de microplásticos en muestras de agua recolectada se basó en el manual de Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment, realizado por National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2015), quién detalla el proceso por el cual se aíslan los microplásticos.

3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Se utilizó como instrumento las fichas de registro y recolección de datos, así como, equipos y materiales, que se detalla a continuación.

a. Instrumentos de Campo.

Tabla 2

Equipos de protección personal (EPPs) para campo.

MATERIALES UTILIZADOS	
Equipos de protección personal (EPPs)	✓ Chaleco de campo
	✓ Casco de seguridad
	✓ Botas de jebe
	✓ Zapatos de seguridad
	✓ Guantes quirúrgicos
	✓ Mascarillas Kn-95
	✓ Gorro desechable
	✓ Guardapolvo de laboratorio



Tabla 3

Materiales para toma de muestras en campo

MATERIALES PARA TOMA DE MUESTRAS	
Toma de Muestras	<ul style="list-style-type: none">✓ Balde de acero inoxidable de 5L✓ Cuerda de nailon✓ Frascos de vidrio✓ Colador de acero inoxidable✓ Cooler

b. Instrumentos de Laboratorio.

Los materiales, equipos de laboratorio, equipos de protección personal (EPPs) y reactivos químicos fueron seleccionados considerando las metodologías correspondientes.

Tabla 4






Materiales de laboratorio para la etapa experimental.

MATERIALES DE LABORATORIO	
Laboratorio	<ul style="list-style-type: none">✓ Vasos precipitados 500 ml✓ Probeta de vidrio de 500 ml✓ Pera de decantación 250ml✓ Fiola 200 ml✓ Picnómetro de 25 ml✓ Pipeta 1 ml, 5ml, 10ml✓ Matraz✓ Buchner✓ Bagueta de agitación✓ Placas Petri de vidrio✓ Papel filtro para análisis cuantitativo sin cenizas de 125 mm✓ Pipeta de 250 ml✓ Magneto✓ Soporte universal✓ Embudo✓ Abrazadera de resorte✓ Espátula de metal pequeña✓ Agua destilada



Tabla 5

Equipos de laboratorio para la etapa experimental.

EQUIPOS DE LABORATORIO	MODELO	APLICACION	PANEL FOTOGRAFICO
✓ Estereoscopio trinocular	PREMIERE SMZ-05	Visualización de microplásticos	
✓ Microscopio	LW SCIENTIFIC	Medición de microplásticos	
✓ Espectrofotómetro	NICOLET 380 FT-IR	Determinación de grupos funcionales de polímeros	
✓ Estufa	BINDER	Secado de muestras	
✓ Bomba al vacío	PALL DOA-P730-BM	Filtrado	







✓ Balanza analítica	ACCULAB-ATILON	Pesado reactivos y otros	de y	
✓ Agitador magnético	CIMAREC	Digestión oxidativa		
✓ Termo balanza	AND MX- 50	Medición humedad	de	
✓ Multiparámetro	HANNA 9829	HI Medición de parámetros físico químicos		

Tabla 6

Reactivos químicos.

MATERIALES	
Reactivos Químicos	✓ Cloruro de Sodio NaCl al 40%
	✓ Peróxido de Hidrógeno H ₂ O ₂ al 30%
	✓ Ácido Sulfúrico H ₂ SO ₄ concentrado
	✓ Sulfato Ferroso Heptahidratado FeSO ₄
	✓ Reactivo Fenton



3.7. Validez y Confiabilidad de Instrumentos

3.7.1. Validez

Para la presente investigación, se utilizaron diversos equipos e instrumentos, cuya validez y confiabilidad fueron evaluadas por cuatro profesionales especialistas en el tema, así como, equipos debidamente calibrados en el laboratorio química de la Universidad Andina del Cusco.

3.7.2. Confiabilidad

La confiabilidad de la presente investigación se realizó bajo la constante supervisión y revisión de la asesora y co-asesora de tesis, conjuntamente con el encargado especialista de laboratorio de la Universidad Andina del Cusco en las diversas pruebas experimentales, con el cual se validó la confiabilidad de los instrumentos donde se registró los datos.

3.8. Plan de Análisis de Datos

Se realizó la introducción de los datos utilizando el software Excel 2019 y el software IBM SPSS 25 con el propósito de sistematizar la información y presentar mediante tablas y figuras. Para el análisis de datos se utilizó estadísticos como la media, desviación estándar, varianza, valor mínimo, máximo e intervalos de confianza para describir la cantidad de microplásticos punto de muestreo, tamaño según la forma de los microplásticos por punto de muestreo y la cantidad de microplásticos por color y punto de muestreo.

Para la determinación de la diferencia entre cantidad de microplásticos por punto de muestreo, se utilizó la prueba estadística del Análisis de varianza (ANOVA) el cual permitió realizar un diagnóstico y reconocimiento del problema actual.



Tabla 7

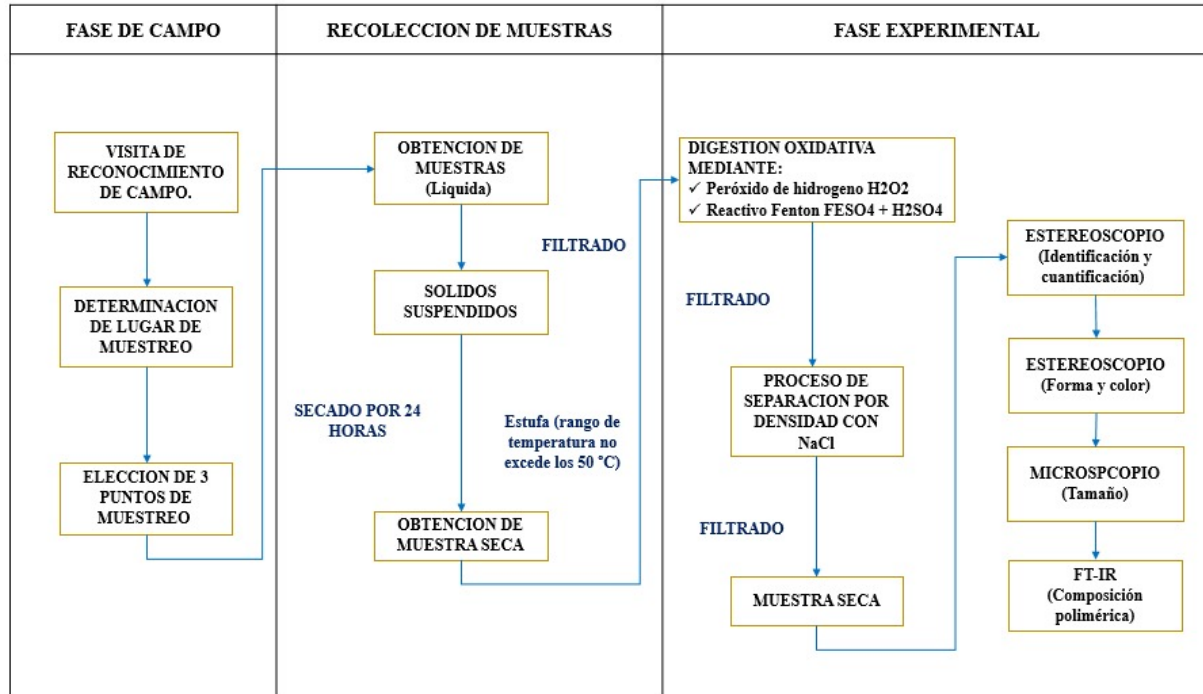
Plan de análisis de datos

Objetivo de investigación	Hipótesis estadística	Nivel de confianza	Prueba estadística	Criterio de decisión
Cantidad de microplásticos por punto de muestreo y repetición	H_0 : La cantidad de microplásticos presentes en los puntos de muestreo es homogéneo. H_a : Existe diferencia en las varianzas de la cantidad de microplásticos por punto de muestreo.	95%	ANOVA	Si $p > 0.05$ se acepta la H_0 Si $p < 0.05$ se rechaza la H_0
Forma de microplásticos por punto de muestreo y repetición	No requiere		Estadística descriptiva y gráfico de líneas	
Tamaño de microplásticos por punto de muestreo y repetición	No requiere		Estadística descriptiva y gráfico de líneas	
Color de microplásticos por punto de muestreo y repetición	No requiere		Estadística descriptiva y gráfico de líneas	
Identificación polimérica por punto de muestreo.	No requiere		gráfico de líneas	

3.9. Metodología

Figura 5

Diagrama de flujo de la metodología.



3.9.1. Metodología para Obtención de Muestras

a. Visita de Reconocimiento de Campo.

Para la selección de puntos de muestreo se realizó una primera visita a la Planta de tratamiento de aguas residuales – San Jerónimo, previo documento de autorización emitido por la E.P.S. SEDACUSCO. S.A., el cual fue guiado mediante un recorrido al área operativa bajo supervisión del personal encargado. Donde se tuvo como fin observar las características y accesibilidad a la zona de estudio para identificar los posibles puntos de muestreo.

b. Técnicas de Muestreo.

Se utilizó como referencia la metodología de puntos de muestreo y procedimientos establecidos en el “PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS”- RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA. Por consiguiente, se empleó el tipo de muestra puntual que implica la recolección de una muestra



de agua en un lugar determinado con el propósito de su análisis individual el cual representará las condiciones y características del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias en el instante en el que se realizó su recolección. (ANA, 2016).

c. Localización y Distribución de Puntos de Muestreo.

La selección de la zona y puntos de muestreo obedece a un análisis de observación, reconocimiento del entorno de la zona estudio y la verificación de accesos seguros existentes a las zonas de muestreo. El “PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS”- RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010–2016-ANA, establece designar la selección de puntos de muestreo considerando características similares del área de estudio, por consiguiente, para llevar a cabo la investigación, se determinó tres puntos de muestreo en relación al tipo de **muestreo puntual**. (ANA, 2016).

Se estableció el primer punto de muestreo PM-1 en la descarga del efluente de la PTAR (canal parshall) dado que corresponde a la unidad de estudio, adicionalmente, se designaron dos puntos de muestreo PM-2 y PM-3 en el cuerpo receptor del río Huatanay con la finalidad de determinar la influencia de fuentes externas de la presencia de microplásticos, al mismo tiempo estos datos proporcionan una proyección sobre la dispersión de estos contaminantes.

Al considerar estos puntos de muestreo, se obtendrá una visión más completa de la presencia y distribución de microplásticos en el cuerpo de agua receptor.

Durante el proceso de reconocimiento de campo, se identificaron conexiones clandestinas de desagüe, siendo la principal razón por lo que el punto de muestreo PM-3 se encuentra limitado a 50 metros antes de dichas descargas clandestinas.

Se muestran las coordenadas referenciales de los puntos de muestreo.

Tabla 8

Puntos de muestreo.

CODIGO	WGS 84 zona		Altitud	Río	Descripción	Ubicación en base al margen del río
	Este (S)	Norte (W)				
PM-1	13°33'20"	71°51'51"	3251 m.s.n.m	Huatanay	Descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo	Derecha
PM-2	13°33'12"	71°51'49"	3255 m.s.n.m	Huatanay	A 150 m de la descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo	Derecha
PM-3	13°33'13"	71°51'45"	3262 m.s.n.m	Huatanay	A 300 m de la descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo	Derecha

c.1. Punto de Muestreo 01 Codificado PM-1.

Esta estación de muestreo se encuentra a la salida de la descarga del efluente (Canal Parshall) de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo, la cual desemboca al río Huatanay, cuenta con una altitud de 3251 m.s.n.m y coordenadas geográficas de 13°33'20"S y 71°51'51" W.

Figura 6

Mapa de ubicación PM- 1.



c.2. Punto de Muestreo 02 Codificado PM-2.

Esta estación de muestreo se encuentra a 150 m de la descarga del efluente de la PTAR San Jerónimo, en este punto las aguas del río Huatanay y de la descarga de efluente se juntan para seguir su cauce, cuenta con una altitud de 3255 m.s.n.m y coordenadas geográficas de 13°33'12' S - 71°51'49" W

Figura 7

Mapa de ubicación PM-2



c.3. Punto de Muestreo 03 Codificado PM-3

Esta estación de muestreo se encuentra a 300 m de la descarga del efluente de la PTAR San Jerónimo, en este punto las aguas siguen su cauce para su posterior uso, cuenta con una altitud de 3262 m.s.n.m. y coordenadas geográficas de 13°33'13" S - 71°51'45" W.

Figura 8

Mapa de ubicación PM-3





d. Procedimiento de Monitoreo.

d.1. Recolección de Muestras de Agua.

Se realizó el procedimiento de recolección de muestras de aguas según la guía de “PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS”- RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA - MINAN, el cual se detalla:

d.2. Extracción de la Muestra.

Una vez concluida la determinación de los puntos de monitoreo, se efectúa la extracción de las muestras, para ello, los frascos de la toma de muestra deben estar previamente enjuagados como mínimo dos veces con el agua del punto de toma de muestras. Estas fueron recogidas utilizando baldes de acero inoxidable de 5 litros de capacidad sujetos por una cuerda, para posteriormente verterlos en recipientes de vidrio, es importante que los recipientes sean de este material para evitar el desprendimiento de algún tipo fragmentos plásticos.

Figura 9

Recolección de muestras.



d.3. Etiquetado Preservación y Transporte de Muestras.

Una vez concluida la extracción de muestras se cierra herméticamente el recipiente para ser etiquetados teniendo en cuenta el punto de muestreo, hora, encargado de toma de muestras y parámetros a analizar.



Para la preservación de las muestras, se almacenaron en cooler de forma vertical para evitar derrames y exposiciones al sol.

Las muestras deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio para cumplir con los tiempos de almacenamiento máximo.

d.4. Duplicados de Muestras en Campo.

Se realizaron repeticiones de cada punto de muestreo para determinar con precisión los resultados obtenidos. Se realizaron 7 repeticiones por cada punto de muestreo, obteniendo un total de 21 pruebas experimentales.

e. Descripción de Levantamiento de Campo.

e.1. Recurso Humano.

Para la toma de muestras se consideró un equipo técnico de campo el cual incluyó a las tesisistas como líderes de equipo, con la finalidad de planificar las fases de campo, ejecución y seguimiento de la calidad de muestreo, desde el reconocimiento del área de estudio, lugares de acceso hasta la recolección de las muestras. Seguido del personal de apoyo para asistir actividades como: mediciones del área de estudio, toma de muestras, rotulados y transporte de las muestras a laboratorio. La designación de actividades permitirá una distribución homogénea de responsabilidades en campo.

3.9.2. Procedimiento Experimental de Aislamiento de Microplásticos.

El método implica la filtración de sólidos, los cuales se someten a oxidación con H_2O_2 en presencia de un catalizador de Fe_2CO_4 para digerir la materia orgánica (reactivo fenton), la mezcla resultante se somete a separación por densidad en NaCl para aislar los microplásticos mediante flotación. (NOAA, 2015).

Se utilizó el estereoscopio trinocular para la identificación, cuantificación y caracterización morfológica de los microplásticos, mediante el software Cellsens Imaging

V3.2., se realizó la medición de los mismos y se empleó espectroscopia FT-IR para la identificación de grupos funcionales de polímeros.

a. Medición de los Parámetros Físico Químicos.

Se realizó la medición de los parámetros físico químicos con la finalidad de conocer el estado actual de las aguas residuales tratadas (efluente de descarga), para ello se obtuvo una muestra de 500 ml de cada punto de muestreo, la cual fue llevada para analizar al laboratorio de química de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco. Los parámetros seleccionados a evaluar fueron: pH, Temperatura, Sólidos Suspendedos Totales y Turbidez, dichos parámetros no intervienen ni alteran la presencia de microplásticos.

Figura 10

Evaluación de parámetros físico químicos.



b. Filtrado Mediante Bomba al Vacío.

Se vierte la muestra de 5 litros de volumen de agua en una probeta de 500 ml para tener un volumen exacto, para posteriormente ser filtrado en la bomba al vacío, se añade otros 500 ml sucesivamente hasta quedarnos con una muestra de sedimento.

Figura 11

Proceso de filtrado de muestras.



c. Secado de Muestras con Sedimento.

El sedimento obtenido luego del filtrado pasa a ser secado en placas Petri por 24 horas dentro de la estufa, la cual no debe exceder los 50 °C, transcurrido este tiempo, se deja enfriar a temperatura ambiente en un desecador.

Para constatar que la muestra esté completamente seca se utilizó el equipo termobalanza, el cual sirve para medir la humedad de la muestra de forma precisa.

Figura 12

Muestras obtenidas después del Proceso de Filtrado.





d. Preparación de Soluciones Químicas.

d.1. Preparación de NaCl al 40%.

Para preparar una solución saturada de Cloruro de Sodio (NaCl), se combina 40 gramos de NaCl con 100 ml de agua destilada. Inicialmente se introduce el cloruro de sodio y seguido de agua destilada en un vaso precipitado limpio y seco. La solución se diluye mediante el uso de un agitador magnético por 30 minutos o hasta que se observe que las partículas de NaCl se han disuelto por completo. Finalmente, la solución se guarda en un frasco de vidrio hasta que sea necesaria su utilización. (Este volumen de solución es para 1 muestra.)

- Se calcula el 40% de 100 $\rightarrow 0,4 \times 100 = 40$ gr.

$$\frac{40}{100} = 0,4 \text{ gr.}$$

Figura 13

Preparación de NaCl al 40% de concentración.



d.2. Reacción Fenton.

La preparación de la reacción Fenton se realiza mediante la combinación de 7 gramos de Sulfato Ferroso Heptahidratado (FeSO_4) con agua destilada en un matraz aforado de 50ml. Luego, se introduce con precaución 0.5ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4),



asegurándose de evitar el orden inverso para prevenir reacciones inesperadas. La solución diluida se transfiere a una fiola de 200 ml para ser utilizada más adelante.

Figura 14

Preparación de reactivo fenton.



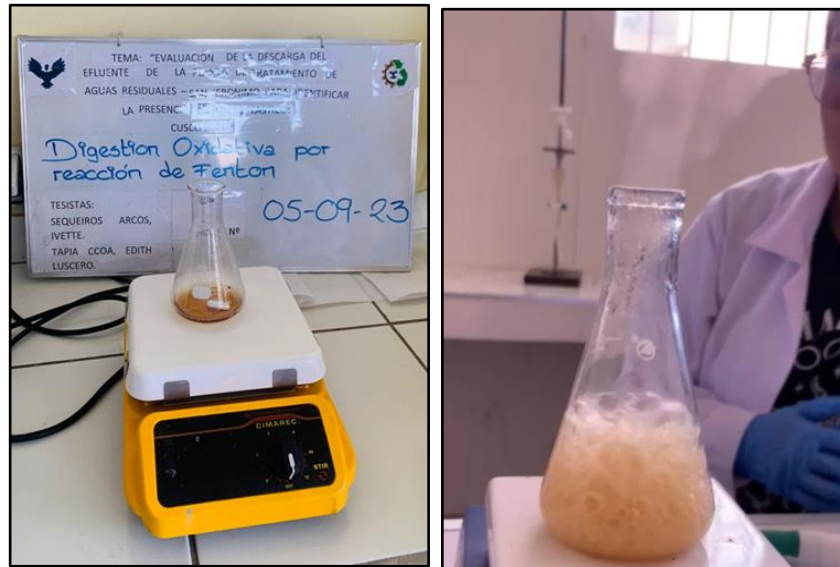
e. Digestión Oxidativa.

Se inicia con la muestra orgánica dentro de un matraz de 250 ml, a continuación, se añade 1ml de reactivo Fenton con el propósito de agilizar el proceso de oxidación, posteriormente se le agrega 10 ml de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30%, para ser homogeneizada con el agitador magnético. La adición de peróxido es de 10 ml y se realiza cada un minuto hasta que se pueda notar que no existe materia orgánica presente, lo cual se puede constatar cuando la muestra ya no produce burbujas. Finalmente filtra muestra para posteriormente realizar la separación por densidad (NOAA, 2015).



Figura 15

Proceso de digestión oxidativa.



f. Separación por Densidad.

La muestra seca se recoge e introduce en un vaso precipitado de 500 ml. a continuación, se añaden 100 ml de una solución saturada de cloruro de sodio con densidad $1,2 \text{ g/cm}^3$ y se mezcla manualmente utilizando una bagueta. Después, esta mezcla se transfiere a una pera de decantación y se espera durante un periodo 30 a 60 minutos hasta que se pueda notar la elevación de partículas en la superficie finalmente se deja caer la materia inorgánica que se encuentra en el fondo de la pera para quedarnos con la materia orgánica.

Para culminar el restante se transfiere a una placa petri para mantener la muestra final de microplásticos (NOAA, 2015).



Figura 16

Proceso de separación por densidad.



g. Identificación y Cuantificación de Microplásticos.

Se realizó la identificación mediante el equipo Estereoscopio trinocular modelo Premiere smz-05, con un lente de medida 10X/20, colocando las muestras en el Estereoscopio.

Para la cuantificación se obtuvo la medida del diámetro de una placa Petri el cual fue de 9 mm para posteriormente dividirlo en 4 campos con la ayuda de un papel milimetrado en la base, con el fin de facilitar la correcta división de los campos y el correcto conteo de la muestra, se realizó la visualización mediante el equipo Estereoscopio trinocular modelo Premiere smz-05, con un lente de medida 10X/20.

3.9.3. Caracterización Morfológica

a. Determinación Basada en Forma.

Se hizo uso de la guía “Sistema estandarizado de clasificación por forma tamaño y color” (SCS por sus siglas en inglés) el cual consiste en cuantificar la partícula por unidad, esta clasificación está basada únicamente en plásticos menores a 5mm, al igual que en la clasificación por tamaño, según su morfología se clasificó los microplásticos por esfera,



fragmento, fibra, película y espuma. La identificación se realizó mediante el equipo Estereoscopio trinocular modelo Premiere smz-05, con un lente de medida 10X/20.

b. Determinación Basada en Tamaño.

Se hizo uso de clasificación de microplásticos de la Directiva Marco de la Estrategia Marina (MSFD por sus siglas en inglés) de la unión europea, la cual especifica el rango de tamaño para microplásticos de $1\mu\text{m}$ – 5 mm. La medición se realizó haciendo uso del software CellSens Imaging V3.2 de libre disponibilidad, con el objetivo 10X del MICROSCOPIO LW SCIENTIFIC, para el cual se consideró tamaños mínimos y máximos para obtener una medida media.

c. Determinación Basada en Color.

Se usaron los códigos de color determinados por el Sistema estandarizado de clasificación por forma tamaño y color (SCS) el cual consiste en cuantificar la partícula por unidad, haciendo uso del equipo Estereoscopio trinocular modelo Premiere smz-05, con un lente de medida 10X/20, para identificar cada color, los cuales mostraron colores definidos.

3.9.4. Identificación de Composición Polimérica.

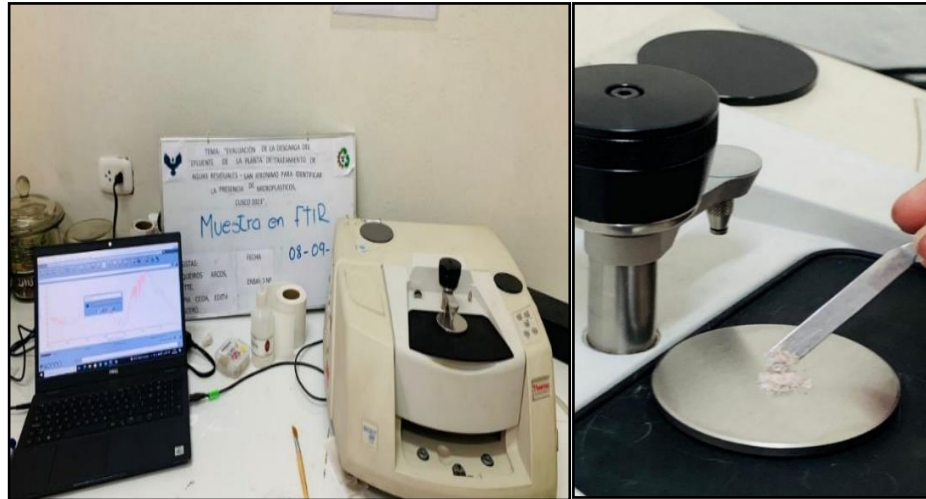
En este punto las muestras son analizadas en el equipo de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR). Se contrató el servicio de FT-IR en un laboratorio externo en la Universidad San Antonio Abad del Cusco con la finalidad de determinar la identidad polimérica, mediante espectros IR, el cual permitió identificar los grupos funcionales de la estructura molecular de los microplásticos, obteniendo espectros infrarrojos de los diferentes polímeros en modo absorbancia por número de ondas. Para la evaluación de los espectros IR, las muestras fueron previamente aisladas mediante los procesos químicos de separación por densidad, digestión oxidativa haciendo uso del reactivo Fenton y Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) al 30% de concentración, para posteriormente hacer uso del equipo FT-IR, se presiona la muestra contra un cristal transparente (diamante). La luz infrarroja pasa a través del cristal



hacia la muestra, donde la energía es adsorbida por la muestra y la luz se refleja de nuevo en el cristal para generar un espectro.

Figura 17

Lectura de la espectroscopia FT-IR.





CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

4.1. Evaluación de Parámetros Físico Químicos

Para la evaluación de los parámetros físico químicos se ha realizado la prueba ex situ, los resultados obtenidos muestran un agua turbia y de pH neutro.

Tabla 9

Resultados de parámetros físico químicos de los puntos de muestreo.

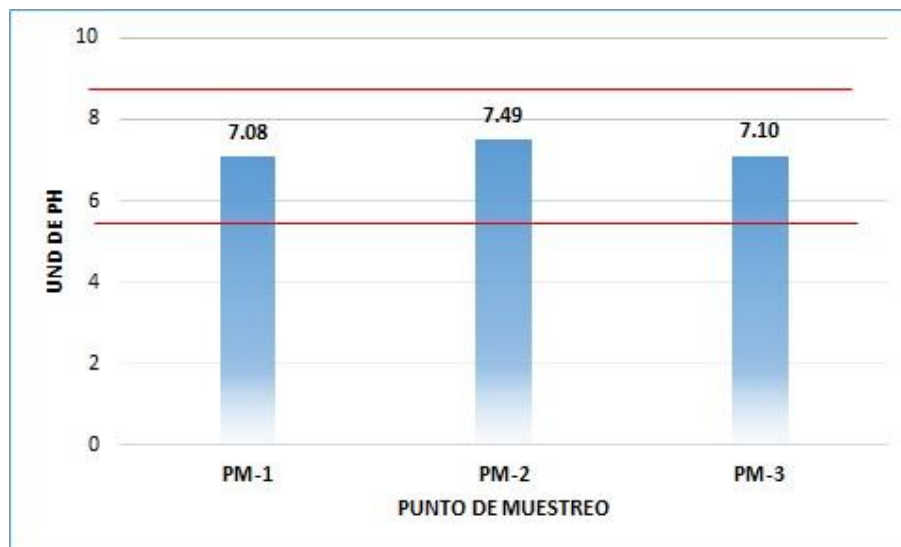
Equipo utilizado: Multiparámetro HANNA HI 9829			
Volumen de la muestra: 500 ml			
Parámetros	Puntos de muestreo		
	PM-1	PM-2	PM-3
pH	7.08	7.49	7.10
SST	719	925	1081
Turbidez	82.10	90.94	95.54
T°	17.15	17.26	17.94

Nota: Resultados en base a informe del laboratorio de Ingeniería Ambiental - UAC.

a. pH.

Tabla 10

Resultados de pH por punto de muestreo.



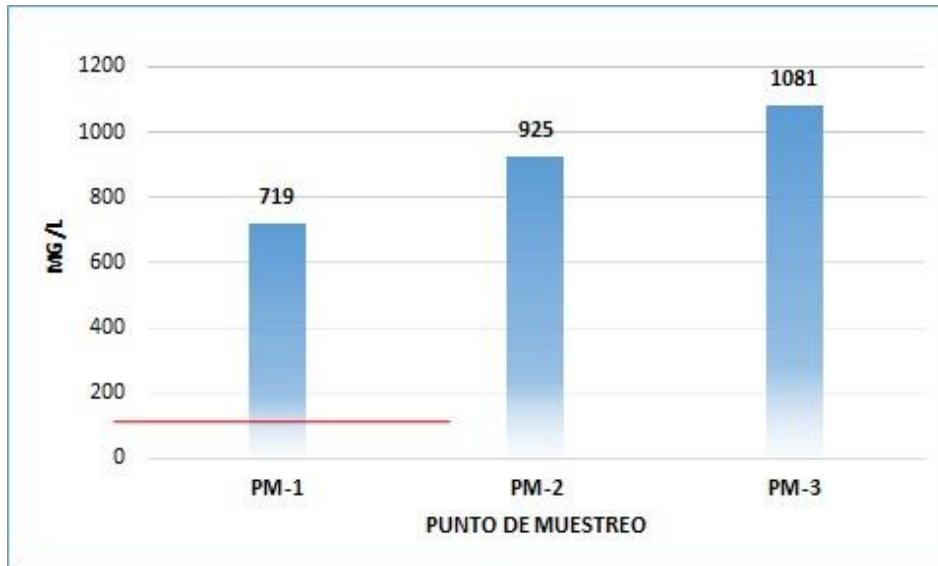
En cuanto el pH del PM – 1, no excede el Límite Máximo Permisible establecido para los efluentes de una PTAR, el cual indica que debe tener un rango de 6.5 – 8.5. Con respecto a PM – 2 y PM – 3 se tiene que; ambos mantienen sus rangos de pH dentro de lo establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para agua – categoría 3.



b. Sólidos Suspendedos Totales.

Tabla 11

Resultados de SST por punto de muestreo.

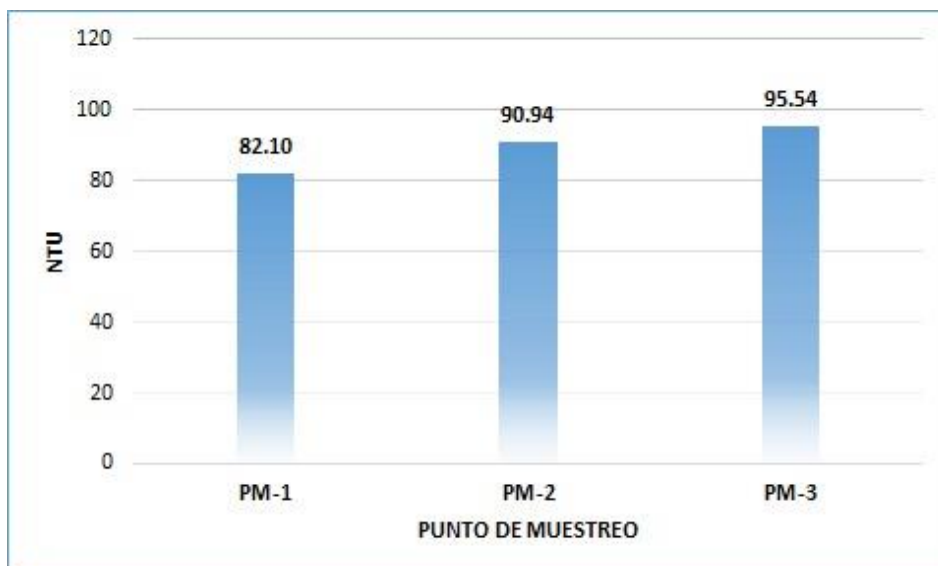


Con respecto a los TSS evaluados el PM-1, se muestra una cantidad mayor en relación a los Límites Máximo Permisibles establecido para efluentes en una PTAR el cual indica que debe ser 150 mg/L, en cuanto al PM-2 y PM-3 los Estándares de Calidad para Agua – categoría 3 no consideran los SST como parámetro a evaluar.

c. Turbidez.

Tabla 12

Resultados de Turbidez por punto de muestreo.



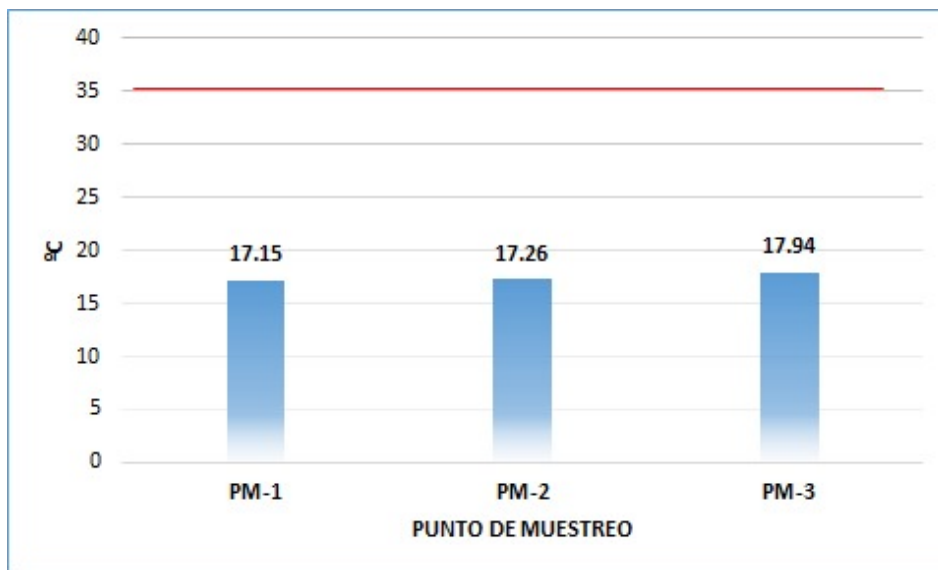


Para la turbidez se tiene que; existe un aumento en el los PM-2 y PM-3 en relación al PM - 1, se conoce que los Límites Máximos Permisibles para efluentes de una PTAR y los Estándares de Calidad para Agua – categoría 3 no considera la turbidez como un parámetro a evaluar.

d. Temperatura.

Tabla 13

Resultados de temperatura T° por puntos de muestreo.



Con respecto a los TSS evaluados el PM - 1, se muestra una cantidad mayor en relación a los Límites Máximo Permisibles establecido para efluentes en una PTAR el cual indica que debe ser 150 mg/L, en cuanto al PM - 2 y PM - 3 los Estándares de Calidad para Agua – categoría 3 no consideran los SST como parámetro a evaluar.



4.2. Resultados Respecto a al Objetivos General

Tabla 14

Resumen del objetivo general.

Objetivo	Hipótesis nula	Hipótesis alterna	Nivel de confianza	Estadístico de prueba	p	Conclusión
Determinar la cantidad de microplásticos	Los datos presentan una distribución normal	Los datos no presentan una distribución normal	95%	Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk	PM-1: 0.671 PM-2: 0.502 PM-3: 0.469	Se acepta H_0
	Las varianzas de la cantidad de microplásticos por punto de muestreo son homogéneas	Existe diferencia en las varianzas de la cantidad de microplásticos por punto de muestreo	95%	Estadístico de Levene	0.357	Se acepta H_0
	H_0 : La cantidad de microplásticos presentes en los puntos de muestreo es homogéneo.	H_a : Existe diferencia en la cantidad de microplásticos presentes en los puntos de muestreo.	95%	ANOVA	0.000	Se rechaza H_0
Forma de microplásticos por punto de muestreo y repetición	No requiere	No requiere	95%	Estadística descriptiva y gráfico de líneas		
Tamaño de microplásticos por punto de muestreo y repetición	No requiere	No requiere	95%	Estadística descriptiva y gráfico de líneas		
Color de microplásticos por punto de muestreo y repetición	No requiere	No requiere	95%	Estadística descriptiva y gráfico de líneas		
Identificación polimérica por punto de muestreo.	No requiere	No requiere		Gráfico de líneas		
Evaluar la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo para identificar la presencia de Microplásticos, Cusco - 2023	La descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo cusco no presenta microplásticos	La descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo cusco presenta microplásticos	95%	Prueba T de Student	PM-1: 0.000 PM-2: 0.000 PM-3: 0.000	Se rechaza H_0

De acuerdo a la tabla, se observa el resumen estadístico del objetivo general, el cual explica la hipótesis nula, hipótesis alterna, nivel de confianza, estadístico de prueba, valor de p y la conclusión por cada objetivo específico.



Para evaluar la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo e identificar la presencia de Microplásticos, se considera la prueba estadística t – Student en cada punto de muestreo.

Formulación de hipótesis

Hipótesis nula ($\mu = 0$): La descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo Cusco no presenta microplásticos.

Hipótesis alterna ($\mu > 0$): La descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo Cusco presenta microplásticos.

Regla de decisión

- Si $p > 0.05$ se acepta la hipótesis nula.
- Si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 15

Prueba T para la presencia de microplásticos.

Muestra	N	Media	Desviación estándar	Valor T	Valor p
PM-1	7	218.14	21.82	26.45	0.000
PM-2	7	298.29	22.49	35.09	0.000
PM-3	7	370.4	29.8	32.87	0.000

Mediante la prueba t de Student y al 95% de confianza se afirma que la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo Cusco presenta microplásticos en cada punto de muestreo con $p < 0.05$.

4.3. Resultados Respecto a los Objetivos Específicos

4.3.1. Determinación de la Cantidad de Microplásticos

Para la determinación de la cantidad de microplásticos, se estableció tres puntos de muestreo. El primer punto corresponde a la descarga del efluente codificado como PM-1,



mientras que los puntos PM-2 y PM-3 se encuentran situados en el cuerpo receptor. Se realizó la toma de muestras por 7 días consecutivos. Las muestras fueron llevadas a laboratorio para la determinación de la cantidad de microplásticos y se realizó el conteo visual mediante el equipo estereoscopio, los resultados están expresados en Und/l.

Tabla 16

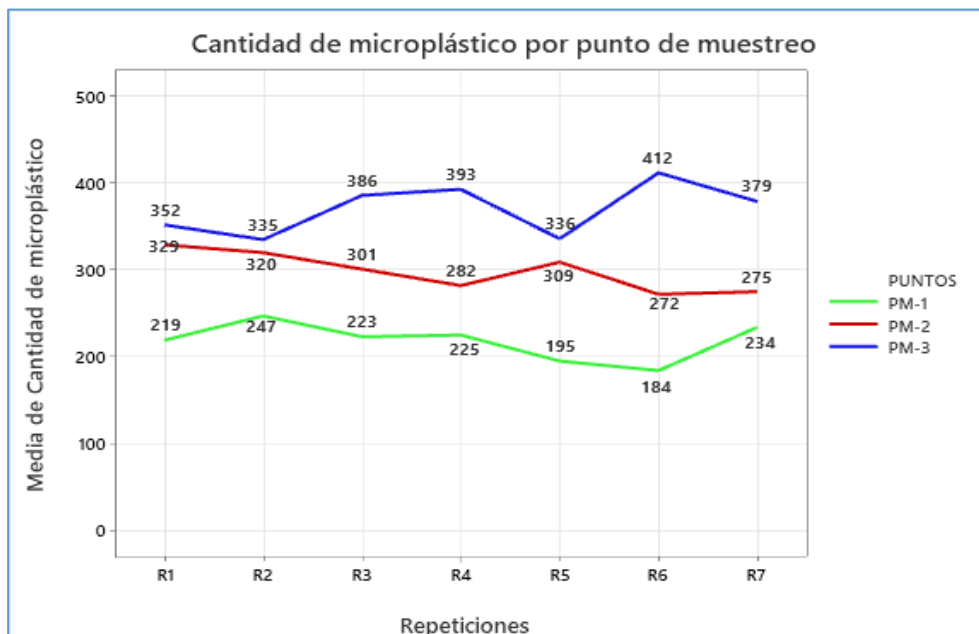
Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).

Puntos de Monitoreo	Repeticiones						
	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7
PM-1	219	247	223	225	195	184	234
PM-2	329	320	301	282	309	272	275
PM-3	352	335	386	393	336	412	379

Nota: Resultados en base a informe del Laboratorio de Química General – FIA -UAC

Figura 18

Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).



Respecto a los resultados obtenidos, se observa que la menor cantidad (184 Und/l) de microplásticos se presenta en R6 en el PM-1; mientras que, la mayor cantidad (412 Und/l) de microplásticos se presenta en R6 en el PM-3.



a. Estadísticos Descriptivos.

Tabla 17

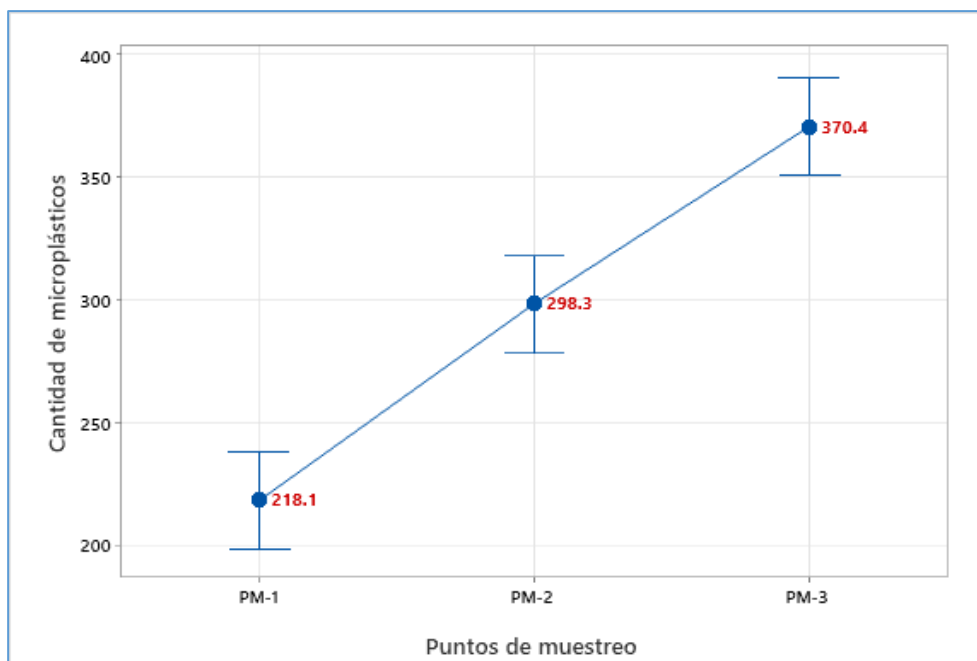
Estadísticos descriptivos para la Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).

Punto de muestreo	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de variación	IC para la media (95%)	
PM-1	7	184	247	218.1	21.8	476.1	10.0%	198.3	237.9
PM-2	7	272	329	298.3	22.5	505.9	7.5%	278.5	318.1
PM-3	7	335	412	370.4	29.8	889.0	8.0%	350.6	390.3

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 19

Intervalos de confianza para la Cantidad promedio de microplásticos por punto de muestreo.



- En el PM-1, la cantidad mínima de microplásticos es de 184 Und/l, la cantidad máxima es de 247 Und/l con un coeficiente de variación del 10%. Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio de microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo es de 218.1 Und/l comprendido en el intervalo que va de 198.3 Und/l a 237.9 Und/l.



- En el PM-2, la cantidad mínima de microplásticos es de 272 Und/l, la cantidad máxima es de 329 Und/l con un coeficiente de variación del 7.5%. Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio de microplásticos presentes en el PM-2, es de 298.3 Und/l comprendido en el intervalo que va de 278.5 Und/l a 318.1 Und/l.
- En el PM-3, la cantidad mínima de microplásticos es de 335 Und/l, la cantidad máxima es de 412 Und/l con un coeficiente de variación del 8%. Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio de microplásticos presentes en PM-3, es de 370.4 Und/l comprendido en el intervalo que va de 350.6 Und/l a 390.3 Und/l.

De los resultados se observa que la cantidad de microplásticos hallados en la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo modifica su concentración al unirse con el cuerpo receptor, el cual se podría deber a concentraciones previas de microplásticos aguas arriba que son transportadas con el cauce del río conforme la distancia en el que se considera el PM-2 y PM-3. Este aumento señala la influencia de fuentes externas en la liberación de microplásticos, indicando que la problemática no se limita únicamente a la descarga directa de la planta de tratamiento, sino que puede estar relacionada con otras fuentes en el entorno del río Huatanay. Para el análisis se consideró la prueba estadística ANOVA bajo los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos.

b. Comprobación de Supuestos.

Prueba de Normalidad

Formulación de hipótesis

Hipótesis nula: Los datos presentan una distribución normal.

Hipótesis alterna: Los datos no presentan una distribución normal.

Regla de decisión

- Si $p > 0.05$ se acepta la hipótesis nula.
- Si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula.



Tabla 18

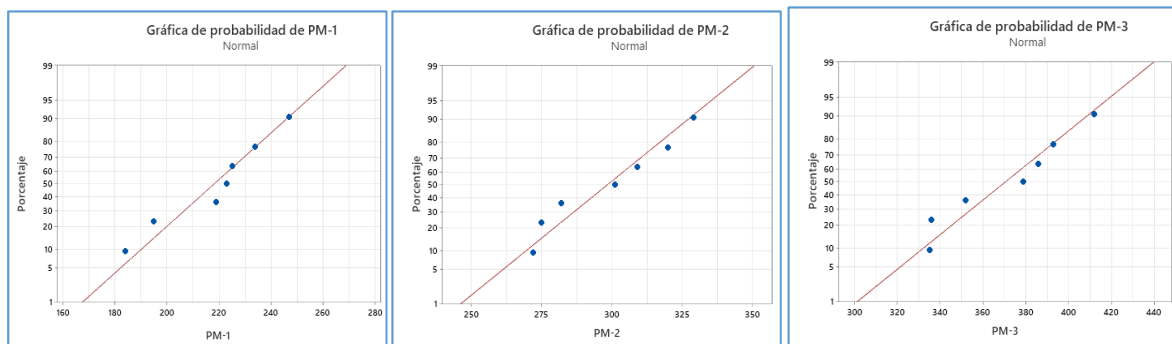
Prueba de normalidad para Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l)

	Punto de muestreo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p	Estadístico	gl	p
Cantidad de microplásticos	PM - 1	0,230	7	0,200*	0,944	7	0,671
	PM - 2	0,194	7	0,200*	0,924	7	0,502
	PM - 3	0,185	7	0,200*	0,920	7	0,469

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 20

Normalidad de la cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).



Mediante la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk ($n < 50$), se obtuvo $p > 0.05$, en los tres puntos de muestreo, entonces se acepta la hipótesis nula, lo que indica que la distribución de los datos presenta distribución normal.

c. Prueba de Homogeneidad.

Formulación de hipótesis

Hipótesis nula: Las varianzas de la cantidad de microplásticos por punto de muestreo son homogéneas.

Hipótesis alterna: Existe diferencia en las varianzas de la cantidad de microplásticos por punto de muestreo.



Regla de decisión

- Si $p > 0.05$ se acepta la hipótesis nula.
- Si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 19

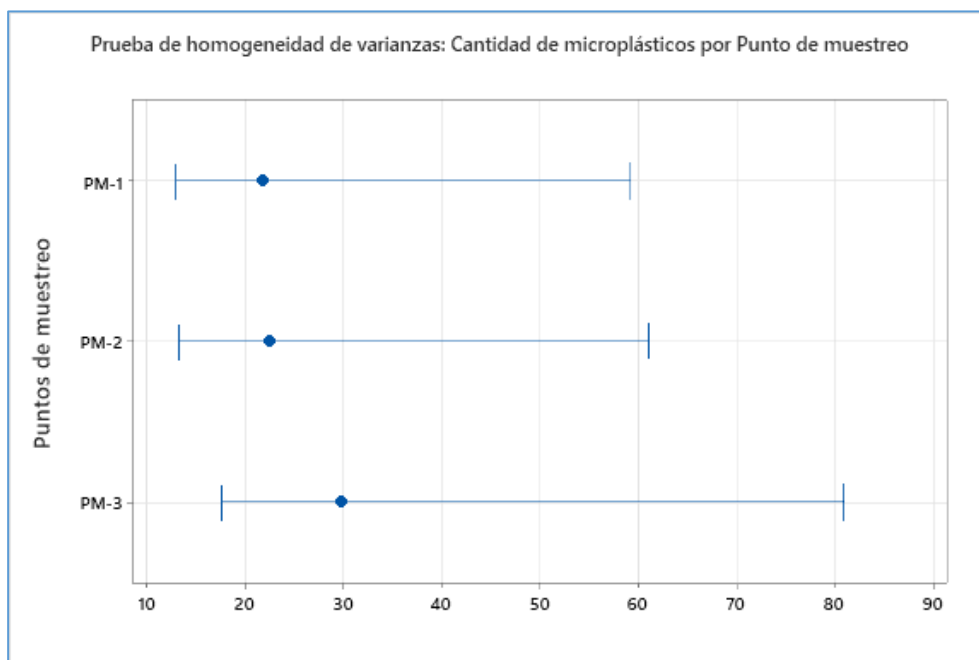
Prueba de homogeneidad para la varianza de la cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
Cantidad de microplásticos	Se basa en la media	1,090	2	18	0,357
	Se basa en la mediana	0,614	2	18	0,552

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 21

Datos individuales para la cantidad promedio de microplásticos por punto de muestreo.



Mediante la prueba de Levene, se obtuvo $p = 0.357 > 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula, es decir, las varianzas de la cantidad de microplásticos por punto de muestreo son homogéneas.



d. Análisis de Varianza.

Formulación de hipótesis:

Hipótesis nula: La cantidad de microplásticos presentes en los puntos de muestreo es homogéneo.

Hipótesis alterna: Existe diferencia en la cantidad de microplásticos presentes en los puntos de muestreo.

Tabla 20

Anova - Cantidad de microplásticos obtenidos por punto de muestreo (Und/l).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Puntos de muestreo	81242,952	2	40621,476	65,133	0,000
Error	11226,000	18	623,667		
Total	92468,952	20			

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Al 95% de confianza mediante la prueba estadística del ANOVA, se afirma que existe diferencia en la cantidad de microplásticos presentes en los puntos de muestreo, con $p < 0.05$.

e. Comparaciones múltiples.

Tabla 21

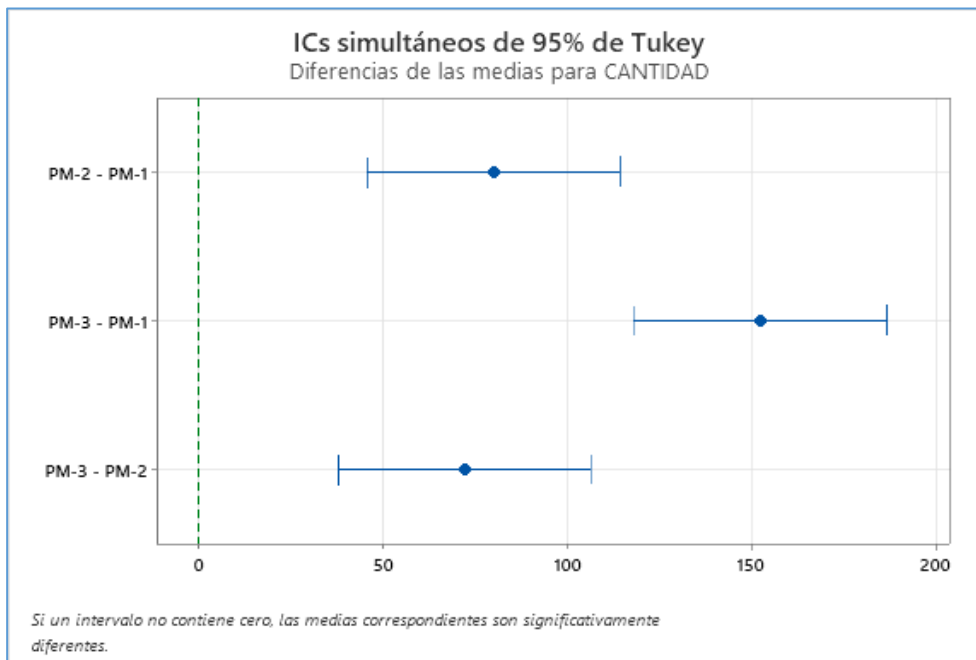
Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias.

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p
PM-2 - PM-1	80.1	13.3	(46.1; 114.2)	6.00	0.000
PM-3 - PM-1	152.3	13.3	(118.2; 186.4)	11.41	0.000
PM-3 - PM-2	72.1	13.3	(38.1; 106.2)	5.40	0.000

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 22

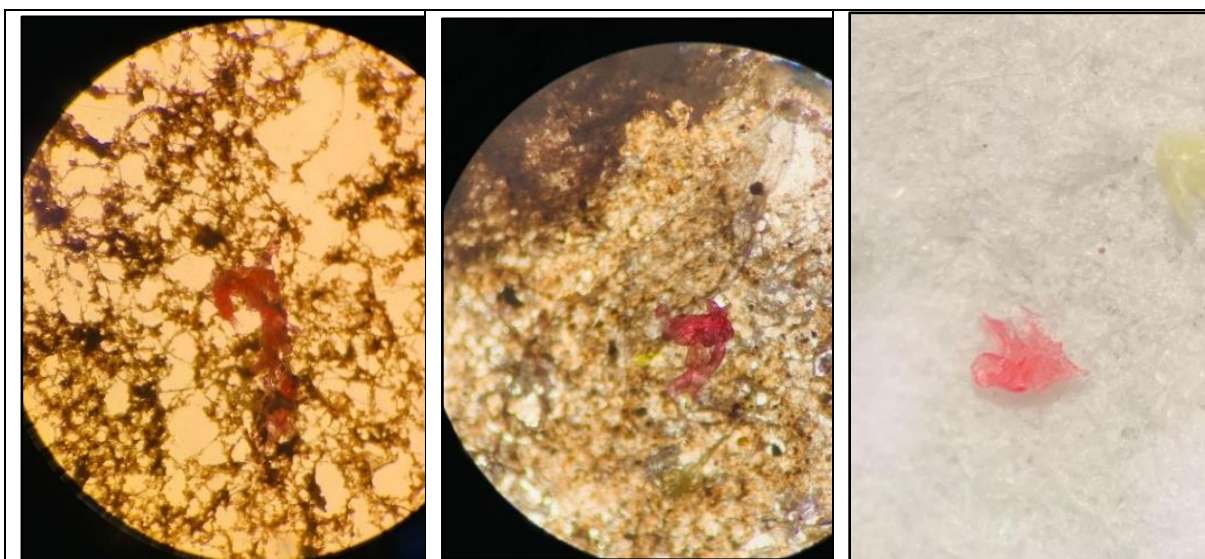
Comparación de la cantidad promedio de microplásticos por punto de muestreo.



Al 95% de confianza mediante la prueba estadística de comparaciones múltiples de Tukey, se afirma que existe diferencia en la cantidad de microplásticos presentes en el PM-1 con el PM-2 y PM-3; también existe diferencia en la cantidad de microplásticos presentes en el PM-2 en relación al PM-3, con $p < 0.05$.

Figura 23

Fotografías de visualización de la identificación de MPs hallados.



Nota: Fotografías obtenidas en base a informe del Laboratorio de Química General – FIA – UAC.



Las imágenes nos muestran fotografías tomadas en el proceso de identificación de microplásticos, visualizados mediante el equipo del Estereoscopio trinocular, con un lente de media de 10X/20.

4.3.2. Caracterización de Microplásticos

a. Caracterización de Microplásticos Según Forma.

Tabla 22

Cantidad de microplásticos según Forma (Und/l).

PM	Rep.	Forma	MPs	PM	Rep.	Forma	MPs	PM	Rep.	Forma	MPs
PM - 1	R1	Fragmento	121	PM -2	R1	Fragmento	146	PM - 3	R1	Fragmento	149
PM - 1	R1	Fibra	72	PM -2	R1	Fibra	115	PM - 3	R1	Fibra	102
PM - 1	R1	Película	26	PM -2	R1	Película	66	PM - 3	R1	Película	98
PM - 1	R2	Fragmento	107	PM -2	R1	Espuma	2	PM - 3	R1	Espuma	3
PM - 1	R2	Fibra	82	PM -2	R2	Fragmento	146	PM - 3	R2	Fragmento	175
PM - 1	R2	Película	58	PM -2	R2	Fibra	59	PM - 3	R2	Fibra	36
PM - 1	R3	Fragmento	102	PM -2	R2	Película	113	PM - 3	R2	Película	124
PM - 1	R3	Fibra	86	PM -2	R2	Espuma	2	PM - 3	R3	Fragmento	124
PM - 1	R3	Película	35	PM -2	R3	Fragmento	144	PM - 3	R3	Fibra	98
PM - 1	R4	Fragmento	59	PM -2	R3	Fibra	65	PM - 3	R3	Película	159
PM - 1	R4	Fibra	94	PM -2	R3	Película	92	PM - 3	R3	Espuma	5
PM - 1	R4	Película	72	PM -2	R4	Fragmento	60	PM - 3	R4	Fragmento	142
PM - 1	R5	Fragmento	66	PM -2	R4	Fibra	109	PM - 3	R4	Fibra	128
PM - 1	R5	Fibra	92	PM -2	R4	Película	113	PM - 3	R4	Película	121
PM - 1	R5	Película	37	PM -2	R5	Fragmento	62	PM - 3	R4	Espuma	2
PM - 1	R6	Fragmento	52	PM -2	R5	Fibra	171	PM - 3	R5	Fragmento	123
PM - 1	R6	Fibra	83	PM -2	R5	Película	76	PM - 3	R5	Fibra	82
PM - 1	R6	Película	49	PM -2	R6	Fragmento	104	PM - 3	R5	Película	128
PM - 1	R7	Fragmento	79	PM -2	R6	Fibra	42	PM - 3	R5	Espuma	3
PM - 1	R7	Fibra	124	PM -2	R6	Película	125	PM - 3	R6	Fragmento	111



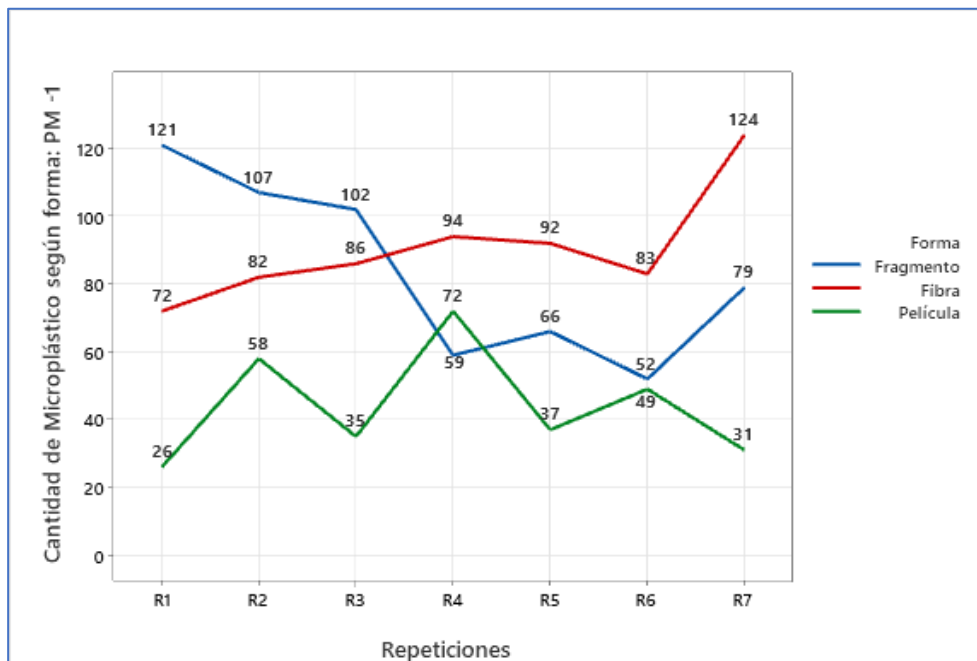
PM - 1	R7	Película	31	PM - 2	R6	Espuma	1	PM - 3	R6	Fibra	96
				PM - 2	R7	Fragmento	134	PM - 3	R6	Película	198
				PM - 2	R7	Fibra	96	PM - 3	R6	Espuma	7
				PM - 2	R7	Película	43	PM - 3	R7	Fragmento	127
				PM - 2	R7	Espuma	2	PM - 3	R7	Fibra	94
								PM - 3	R7	Película	152
								PM - 3	R7	Espuma	6

Nota: Resultados en base a informe de Laboratorio de Química General – FIA -UAC.

a.1. Caracterización de los Microplásticos según forma: PM – 1 (Und/l).

Figura 24

Cantidad de microplásticos según forma: PM - 1 (Und/l).



En el PM-1 se observa la presencia de microplásticos de tipo fragmento, fibra y película. Respecto a la forma de **tipo fragmento** la menor cantidad de microplásticos (52 Und/l) se presenta en R6 y la mayor cantidad de microplásticos (121 Und/l) se presenta en R1, en cuanto a la forma de **tipo fibra** la menor cantidad de microplásticos (72 Und/l) se presenta en R1 y la mayor cantidad de microplásticos (124 Und/l) se presenta en R7 y para la forma **tipo película**



la menor cantidad de microplásticos (26 Und/l) se presenta en R1 y la mayor cantidad de microplásticos (72 Und/l) se presenta en R4.

Tabla 23

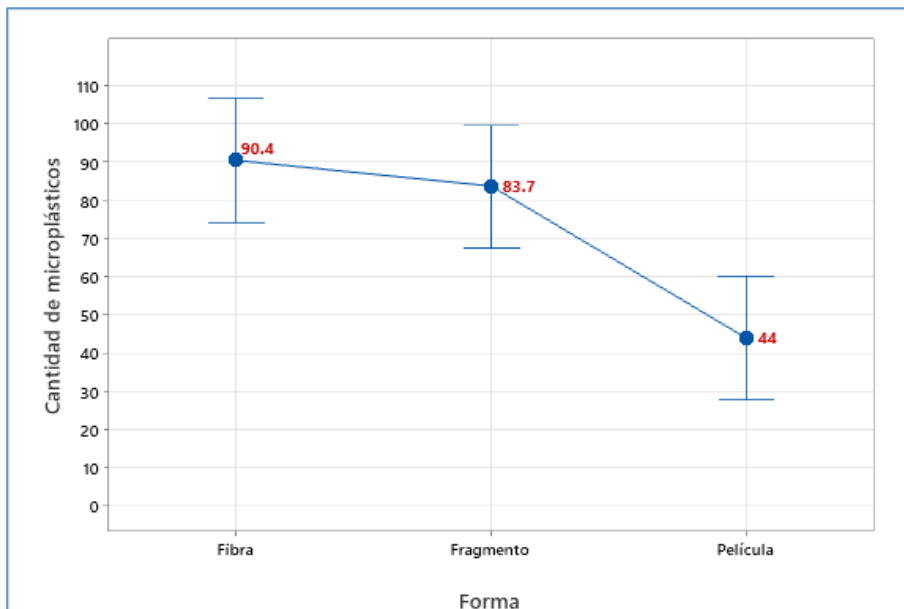
Estadísticos descriptivos para la Cantidad de microplásticos según forma: PM - 1 (Und/l).

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de variación	IC para la media (95%)	
Fragmento	7	52	121	83.7	26.5	703.2	31.68%	74.3	106.6
Fibra	7	72	124	90.4	16.5	271.3	18.21%	67.5	99.9
Película	7	26	72	44.0	16.5	271.3	37.44%	27.8	60.2

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 25

Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos según forma: PM - 1 (Und/l).



Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio de microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo de **tipo fragmento**, es de 83.7 (Und/l) con una variación que va de 74.3 (Und/l) a 106.6 (Und/l), en

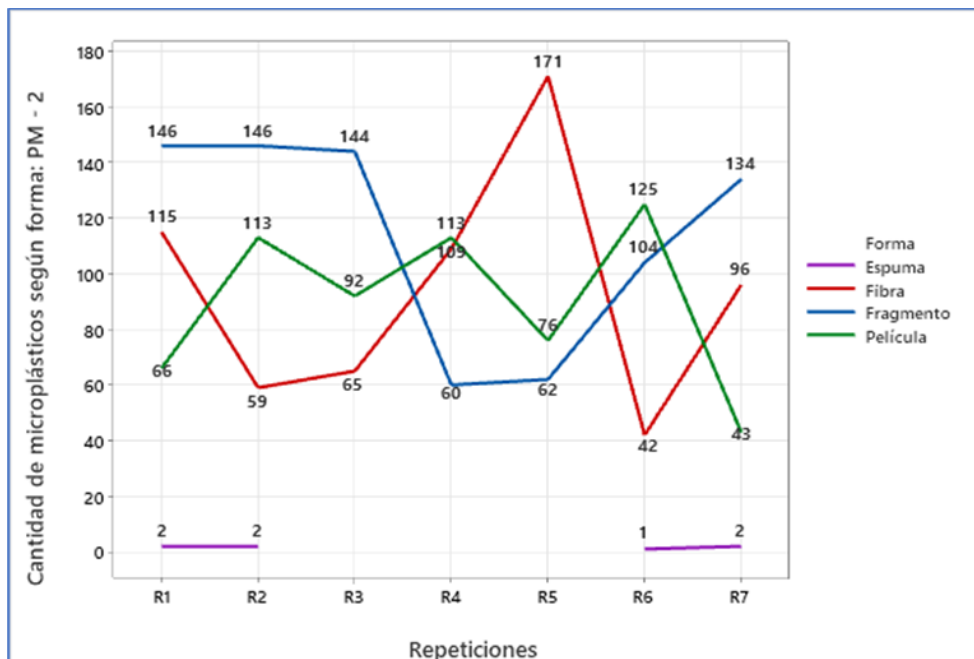


cuanto a la forma de **tipo fibra** la cantidad promedio es de 90.4 (Und/l) con una variación que va de 67.5 (Und/l) a 99.9 (Und/l) y para la forma **tipo película** la cantidad promedio es de 44 (Und/l) con una variación que va de 27.8 (Und/l) a 60.2 (Und/l). Del análisis de los datos se observa que existe mayor cantidad de microplásticos en el PM-1 es la forma de tipo fibra.

a.2. Caracterización de los Microplásticos Según Forma: PM – 2 (Und/l).

Figura 26

Cantidad de microplásticos según forma: PM - 2 (Und/l).



En el PM-2 se observa la presencia de microplásticos de tipo fragmento, fibra, película y espuma, respecto a la forma de **tipo fragmento** la menor cantidad de microplásticos (60 Und/l) se presenta en R4 y la mayor cantidad de microplásticos (146 Und/l) se presenta en R1 y R2, en cuanto a la forma de **tipo fibra** la menor cantidad de microplásticos (42 Und/l) se presenta en R6 y la mayor cantidad de microplásticos (171 Und/l) se presenta en R5, la forma **tipo película** la menor cantidad de microplásticos (43 Und/l) se presenta en R7 y la mayor cantidad de microplásticos (125 Und/l) se presenta en R6 y para de **tipo espuma** la menor



cantidad de microplásticos (1 Und/l) se presenta en R6 y la mayor cantidad de microplásticos (2 Und/l) se presenta en R1, R2 yR7.

Tabla 24

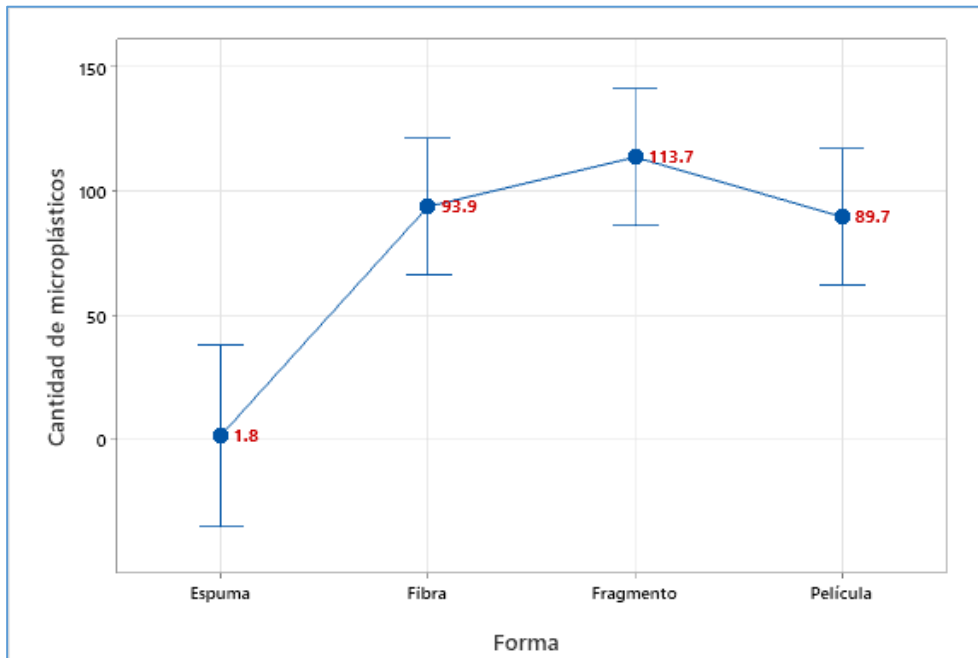
Estadísticos descriptivos para la cantidad de microplásticos según forma: PM - 2 (Und/l).

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de variación	IC para la media (95%)	
Fragmento	7	60	146	113.7	38.9	1511.2	34.2%	86.2	141.2
Fibra	7	42	171	93.9	43.5	1894.8	46.4%	66.4	121.4
Película	7	43	125	89.7	29.6	877.9	33%	62.2	117.2
Espuma	4	1	2	1.8	0.5	0.3	28.6%	1.3	1.8

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 27

Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos según forma: PM - 2 (Und/l).



Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio de microplásticos presentes en el PM-2 de **tipo fragmento**, es de 113.7 (Und/l) con una variación que va de 86.2 (Und/l) a

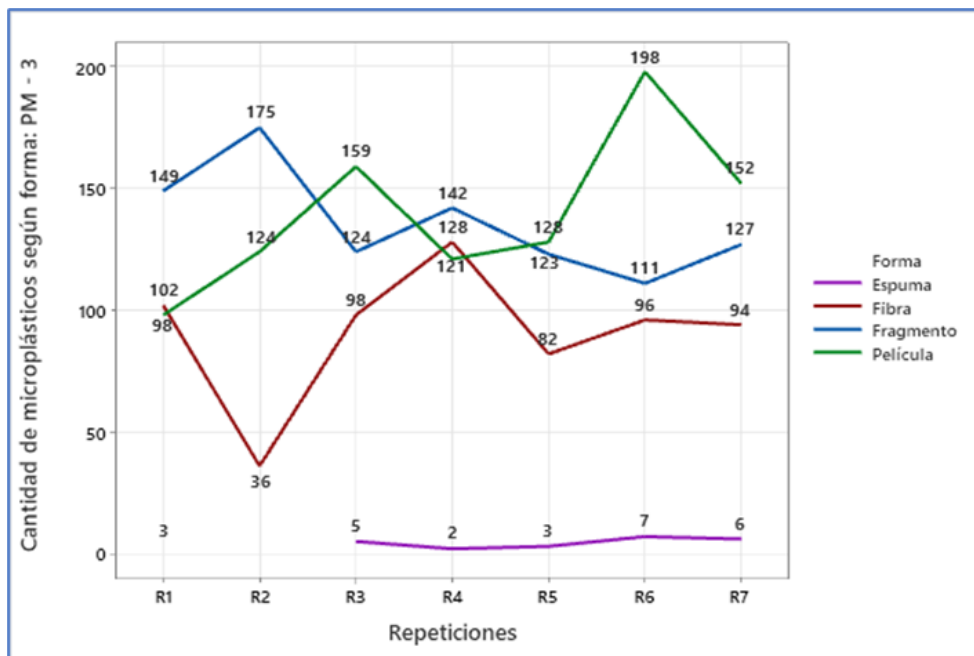


141.2 (Und/l), en cuanto a la forma de **tipo fibra** la cantidad promedio es de 93.9 (Und/l) con una variación que va de 66.4 (Und/l) a 121.4 (Und/l), para la forma **tipo película** la cantidad promedio es de 89.7 (Und/l) con una variación que va de 62.2 (Und/l) a 117.2 (Und/l) y para la forma **tipo espuma** la cantidad promedio es de 1.8 (Und/l) con una variación que va de 1.3 (Und/l) a 1.8 (Und/l) del. Del análisis de los datos se observa que existe mayor cantidad de microplásticos en el PM – 2 es la forma de tipo fragmento.

a.3. Caracterización de los Microplásticos Según Forma: PM – 3 (Und/l).

Figura 28

Cantidad de microplásticos según forma: PM - 3 (Und/l).



En el PM-3 se observa la presencia de microplásticos de tipo fragmento, fibra, película y espuma, respecto a la forma de **tipo fragmento** la menor cantidad de microplásticos (111 Und/l) se presenta en R6 y la mayor cantidad de microplásticos (175 Und/l) se presenta en R2, en cuanto a la forma de **tipo fibra** la menor cantidad de microplásticos (36 Und/l) se presenta en R2 y la mayor cantidad de microplásticos (121 Und/l) se presenta en R4, la forma **tipo película** la menor cantidad de microplásticos (102 Und/l) se presenta en R1 y la mayor cantidad de microplásticos (198 Und/l) se presenta en R6 y para de **tipo espuma** la menor cantidad de



microplásticos (2 Und/l) se presenta en R4 y la mayor cantidad de microplásticos (7 Und/l) se presenta en R6.

Tabla 25

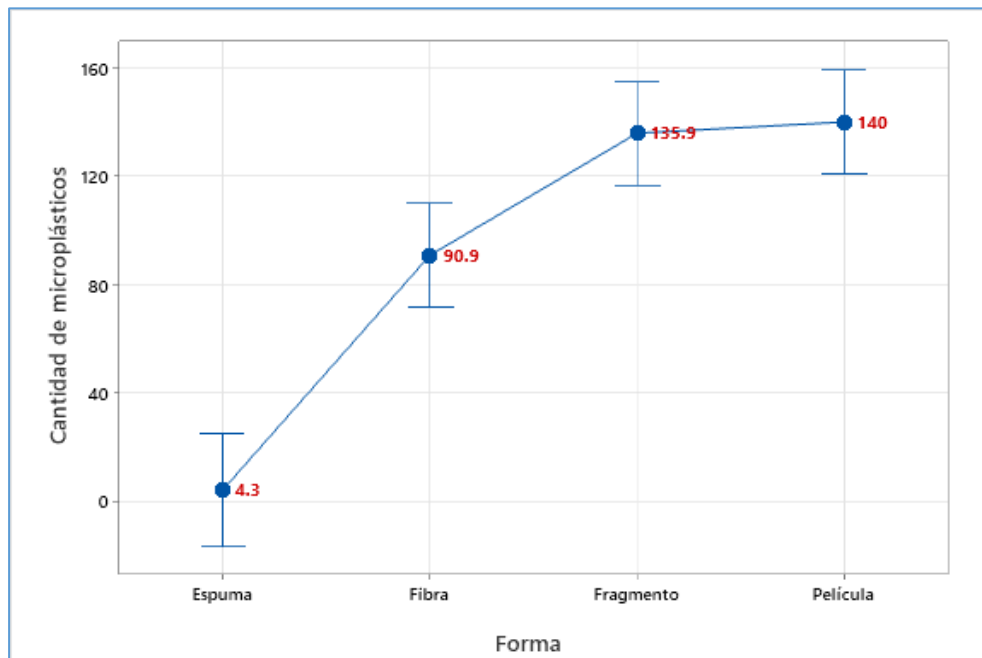
Estadísticos descriptivos para la cantidad de microplásticos según forma: PM - 3 (Und/l).

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de variación	IC para la media (95%)	
Fragmento	7	111	175	135.9	21.4	457.5	15.7%	116.7	155
Fibra	7	36	128	90.9	27.9	779.8	30.7%	71.7	110
Película	7	98	198	140.0	32.6	1065.7	23.3%	120.8	159.2
Espuma	6	2	7	4.3	2.0	3.9	45.38	2.3	6.3

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 29

Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos según forma: PM - 3 (Und/l).



Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio de microplásticos presentes en el PM-3 de **tipo fragmento**, es de 135.9 (Und/l) con una variación que va de 116.7 (Und/l) a 155 (Und/l), en cuanto a la forma de **tipo fibra** la cantidad promedio es de 90.9 (Und/l) con

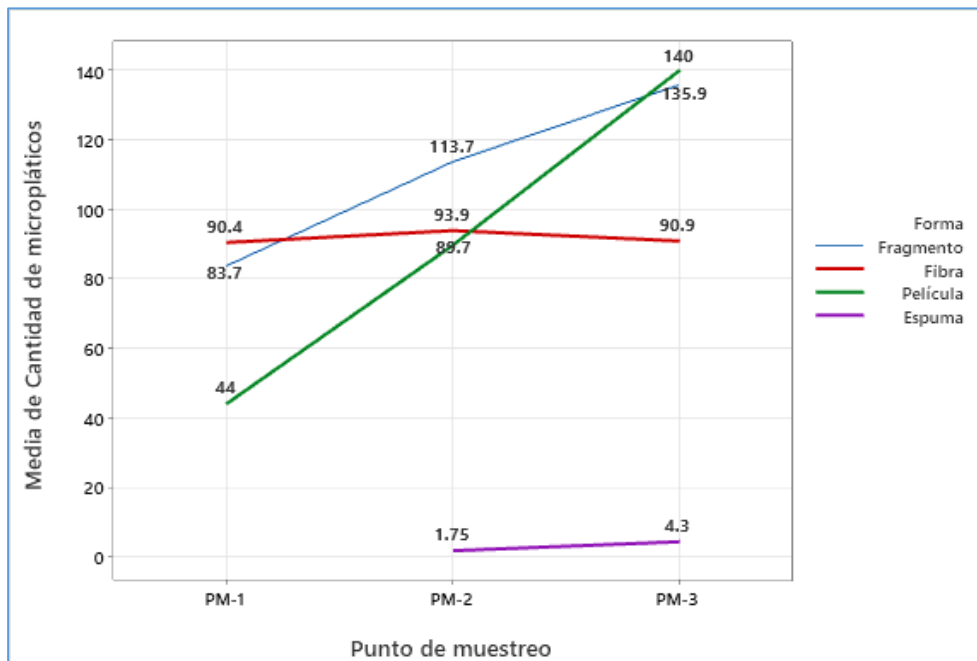


una variación que va de 71.7 (Und/l) a 110 (Und/l), la forma **tipo película** la cantidad promedio es de 140 (Und/l) con una variación que va de 120.8 (Und/l) a 159.2 (Und/l) y para la forma **tipo espuma** la cantidad promedio es de 4.3 (Und/l) con una variación que va de 2.3 (Und/l) a 6.3 (Und/l). Del análisis de los datos se observa que existe mayor cantidad de microplásticos en el PM – 3 es la forma de tipo Película.

a.4. Comparación de la Cantidad Promedio de Microplásticos Según Forma y Punto de Muestreo.

Figura 30

Comparación de la cantidad promedio de microplásticos según forma y punto de muestreo (Und/l).



Respecto a la **cantidad promedio** de microplásticos según forma y punto de muestreo la menor cantidad de microplásticos (1.75 Und/l) se presenta en el PM – 2 de forma **tipo espuma** y la mayor cantidad de microplásticos (140 Und/l) se presenta en el PM – 3 de forma **tipo película**.



b. Caracterización de Microplásticos según Tamaño.

Tabla 26

Tamaño de los microplásticos según forma (μm).

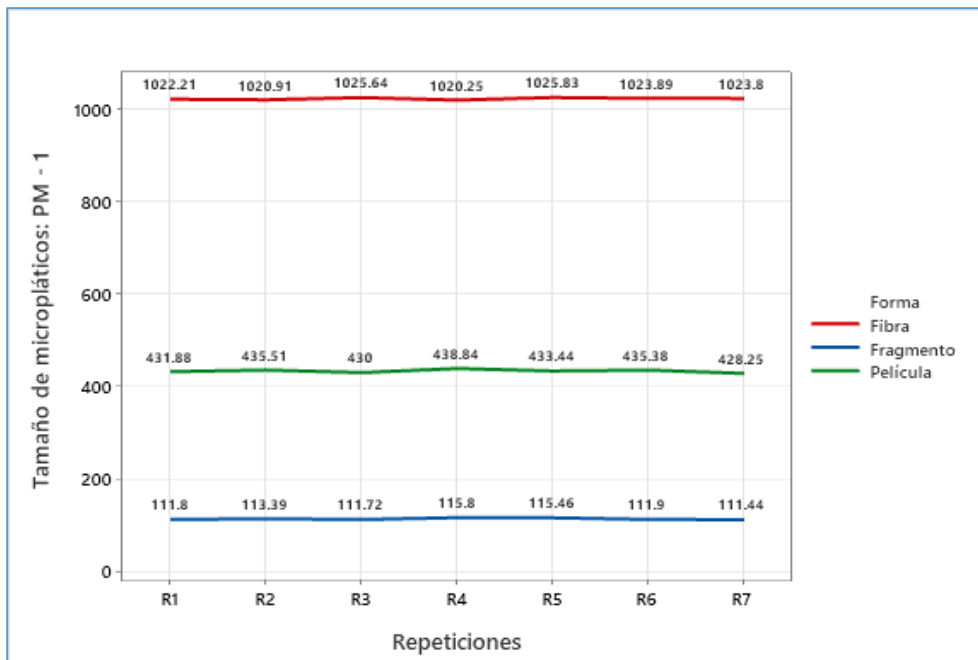
PM	Rep.	Forma	Tamaño (μm)	PM	Rep.	Forma	Tamaño (μm)	PM	Rep.	Forma	Tamaño (μm)
PM- 1	R1	Fragmento	111.8	PM -2	R1	Fragmento	109.29	PM - 3	R1	Fragmento	116.14
PM - 1	R1	Fibra	1022.2	PM -2	R1	Fibra	1026.22	PM - 3	R1	Fibra	1027.3
PM - 1	R1	Película	431.88	PM -2	R1	Película	444.22	PM - 3	R1	Película	435.29
PM - 1	R2	Fragmento	113.39	PM -2	R1	Espuma	211.27	PM - 3	R1	Espuma	212.56
PM - 1	R2	Fibra	1020.9	PM -2	R2	Fragmento	112.78	PM - 3	R2	Fragmento	111.82
PM - 1	R2	Película	435.51	PM -2	R2	Fibra	1024.65	PM - 3	R2	Fibra	1015.2
PM - 1	R3	Fragmento	111.72	PM -2	R2	Película	435.47	PM - 3	R2	Película	420.96
PM - 1	R3	Fibra	1025.6	PM -2	R2	Espuma	215.15	PM - 3	R3	Fragmento	110.42
PM - 1	R3	Película	430	PM -2	R3	Fragmento	114.82	PM - 3	R3	Fibra	1025.8
PM - 1	R4	Fragmento	115.8	PM -2	R3	Fibra	1020.8	PM - 3	R3	Película	437.76
PM - 1	R4	Fibra	1020.3	PM -2	R3	Película	434.39	PM - 3	R3	Espuma	212.93
PM - 1	R4	Película	438.84	PM -2	R4	Fragmento	112.3	PM - 3	R4	Fragmento	111.92
PM - 1	R5	Fragmento	115.46	PM -2	R4	Fibra	1021.3	PM - 3	R4	Fibra	1019.4
PM - 1	R5	Fibra	1025.8	PM -2	R4	Película	429.8	PM - 3	R4	Película	430.81
PM - 1	R5	Película	433.44	PM -2	R5	Fragmento	114	PM - 3	R4	Espuma	211.48
PM - 1	R6	Fragmento	111.9	PM -2	R5	Fibra	1025.82	PM - 3	R5	Fragmento	116.01
PM - 1	R6	Fibra	1023.9	PM -2	R5	Película	432.56	PM - 3	R5	Fibra	1023.8
PM - 1	R6	Película	435.38	PM -2	R6	Fragmento	114.29	PM - 3	R5	Película	435.29
PM - 1	R7	Fragmento	111.44	PM -2	R6	Fibra	1022.42	PM - 3	R5	Espuma	214.28
PM - 1	R7	Fibra	1023.8	PM -2	R6	Película	429.86	PM - 3	R6	Fragmento	109.37
PM - 1	R7	Película	428.25	PM -2	R6	Espuma	212.45	PM - 3	R6	Fibra	1022.9
				PM -2	R7	Fragmento	114.79	PM - 3	R6	Película	428.32
				PM -2	R7	Fibra	1016.34	PM - 3	R6	Espuma	212.75
				PM -2	R7	Película	434.21	PM - 3	R7	Fragmento	115.89
				PM -2	R7	Espuma	211	PM - 3	R7	Fibra	1021.4
								PM - 3	R7	Película	433.37
								PM - 3	R7	Espuma	209.45

Nota: Resultados en base a informe del Laboratorio de Química General – FIA -UAC.

b.1. Caracterización de Microplásticos por tamaño: PM – 1 (µm).

Figura 31

Tamaño de los microplásticos según forma: PM – 1 (µm).



En el PM-1 se observa la presencia de microplásticos de tipo fragmento, fibra y película, respecto al tamaño por forma, en el **tipo fragmento** el menor tamaño de microplásticos (111.8 µm) se presenta en R1 y el mayor tamaño de microplásticos (115.8 µm) se presenta en R4, en cuanto al **tipo fibra** el menor tamaño de microplásticos (1020.25 µm) se presenta en R4 y el mayor tamaño de microplásticos (1025.83 µm) se presenta en R5 y para el **tipo película** el menor tamaño de microplásticos (430 µm) se presenta en R3 y el mayor tamaño de microplásticos (438.84 µm) se presenta en R4.

Tabla 27

Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 1 (µm).

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de variación	IC para la media (95%)	
Fragmento	7	111.44	115.80	113.07	1.86	3.45	1.64%	110.96	115.188
Fibra	7	1020.25	1025.83	1023.22	2.18	4.77	0.21%	1021.10	1025.33

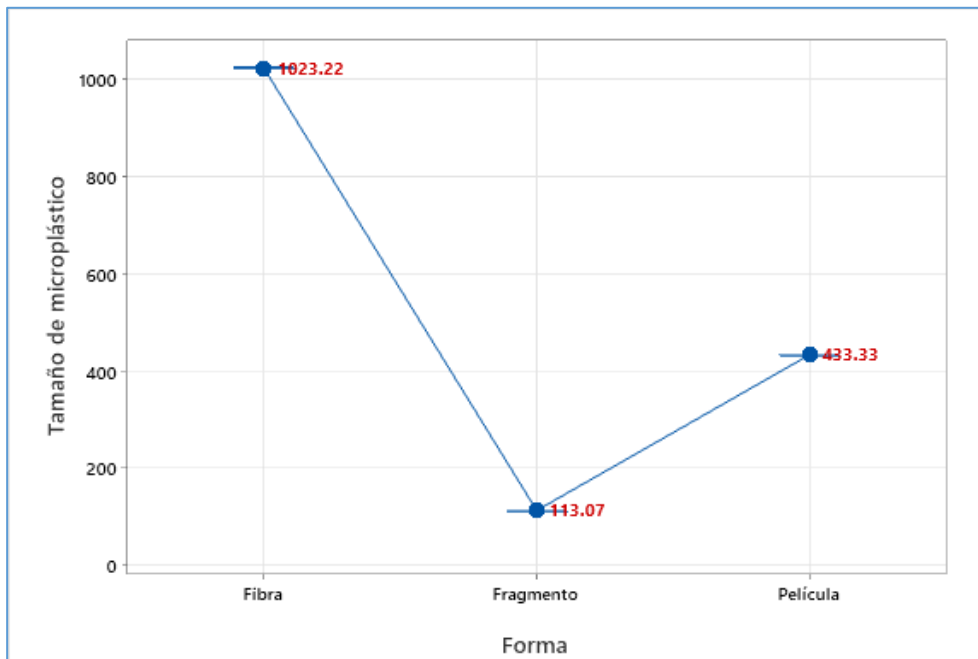


Película 7 428.25 438.84 433.33 3.61 13.05 0.83% 431.21 435.44

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 32

Intervalos de confianza para el tamaño promedio de microplásticos según forma: PM - 1 (μm).

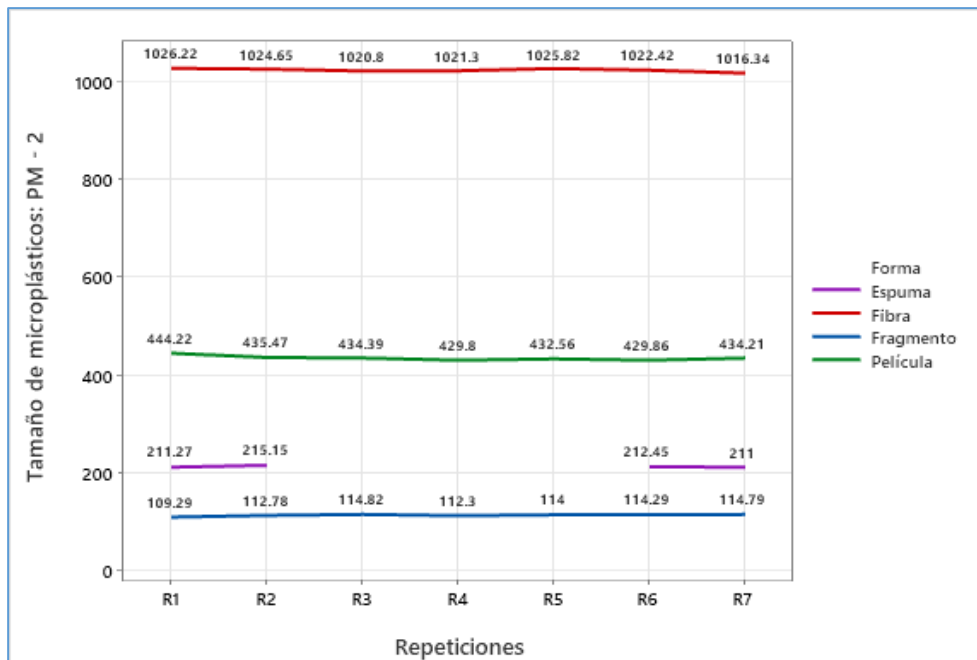


Al 95% de confianza se afirma que el tamaño promedio de microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo de **tipo fragmento**, es de 113.07 (μm) con una variación que va de 110.96 (μm) a 115.188 (μm), en cuanto a la forma de **tipo fibra** el promedio es de 1023.22 (μm) con una variación que va de 1021.10 (μm) a 1025.33 (μm) y para la forma **tipo película** el promedio es de 443.33 (μm) con una variación que va de 431.21 (μm) a 435.44 (μm). Del análisis de los datos se observa que existe mayor tamaño en microplásticos de tipo fibra en el PM-1.

b.2. Caracterización de Microplásticos por Tamaño: PM – 2 (μm).

Figura 33

Tamaño de microplásticos según forma: PM - 2 (μm).



En el PM-2 se observa la presencia de microplásticos de tipo fragmento, fibra, película y espuma, respecto al tamaño por forma, en el **tipo fragmento** el menor tamaño de microplásticos ($112.3 \mu\text{m}$) se presenta en R4 y el mayor tamaño de microplásticos ($114.82 \mu\text{m}$) se presenta en R3, en cuanto al **tipo fibra** el menor tamaño de microplásticos ($1016.34 \mu\text{m}$) se presenta en R7 y el mayor tamaño de microplásticos ($1026.22 \mu\text{m}$) se presenta en R1, para el **tipo película** el menor tamaño de microplásticos ($429.8 \mu\text{m}$) se presenta en R4 y el mayor tamaño de microplásticos ($444.22 \mu\text{m}$) se presenta en R1 y para el **tipo espuma** el menor tamaño de microplásticos ($211 \mu\text{m}$) se presenta en R7 y el mayor tamaño de microplásticos ($215.15 \mu\text{m}$) se presenta en R2.



Tabla 28

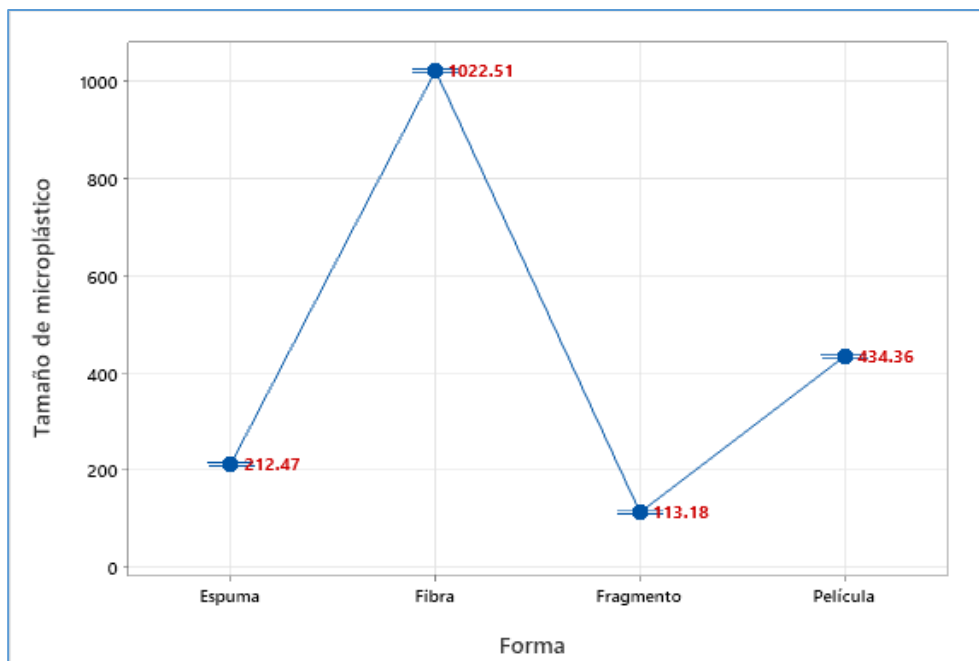
Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 2 (μm).

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de variación	IC para la media (95%)	
Fragmento	7	109.29	114.82	113.18	1.97	3.88	1.74%	110.48	115.89
Fibra	7	1016.34	1026.22	1022.51	3.46	11.96	0.34%	1019.80	1025.21
Película	7	429.80	444.22	434.36	4.88	23.79	1.12%	431.65	437.06
Espuma	4	211.00	215.15	212.47	1.90	3.59	0.89%	208.89	216.05

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 34

Intervalos de confianza para el tamaño promedio de microplásticos según forma: PM - 2 (μm).



Al 95% de confianza se afirma que el tamaño promedio de microplásticos presentes en el PM-2 de **tipo fragmento**, es de 113.18 (μm) con una variación que va de 110.48 (μm) a 115.89 (μm), en cuanto a la forma de **tipo fibra** el promedio es de 1022.51 (μm) con una variación que va de 1019.80 (μm) a 1025.21 (μm), para la forma **tipo película** el tamaño

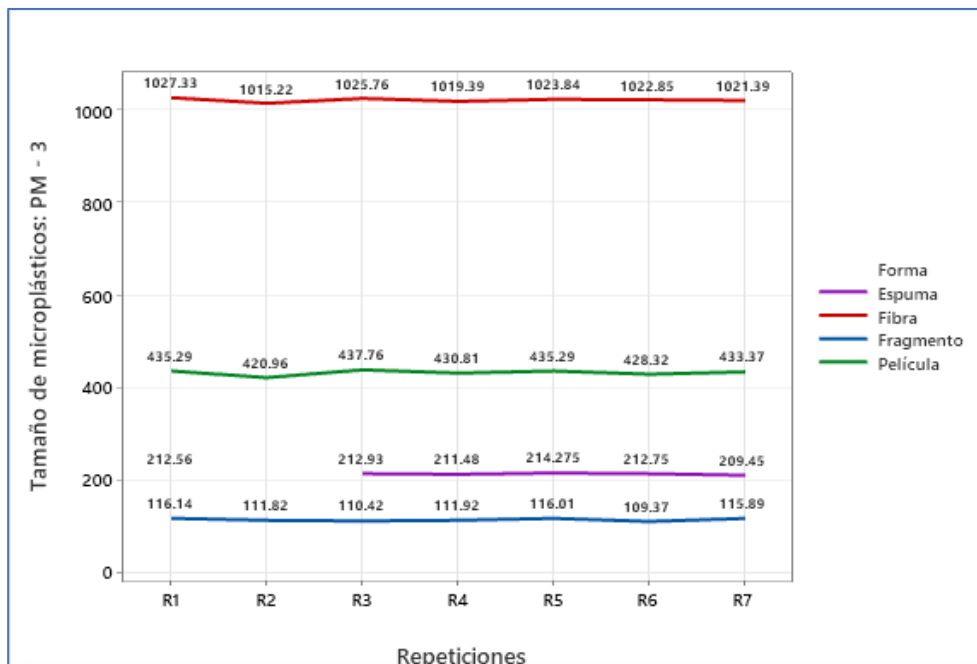


promedio es de 434.36 (μm) con una variación que va de 431.65 (μm) a 437.06 (μm) y para la forma **tipo espuma** el tamaño promedio es de 212.47 (μm) con una variación que va de 208.89 (μm) a 216.05 (μm). Del análisis de los datos se observa que existe mayor tamaño en microplásticos de tipo fibra en el PM-2.

b.3. Caracterización de Microplásticos por Tamaño: PM – 3 (μm).

Figura 35

Tamaño de microplásticos según forma: PM - 3 (μm).



En el PM-3 se observa la presencia de microplásticos de tipo fragmento, fibra, película y espuma, respecto al tamaño por forma, el **tipo fragmento** el menor tamaño de microplásticos (109.37 μm) se presenta en R6 y el mayor tamaño de microplásticos (116.14 μm) se presenta en R1, en cuanto al **tipo fibra** el menor tamaño de microplásticos (1015.22 μm) se presenta en R2 y el mayor tamaño de microplásticos (1027.33 μm) se presenta en R1, para el **tipo película** el menor tamaño de microplásticos (420.96 μm) se presenta en R2 y el mayor tamaño de microplásticos (437.76 μm) se presenta en R3 y para el **tipo espuma** el menor tamaño de microplásticos (209.45 μm) se presenta en R7 y el mayor tamaño de microplásticos (214.27 μm) se presenta en R5.



Tabla 29

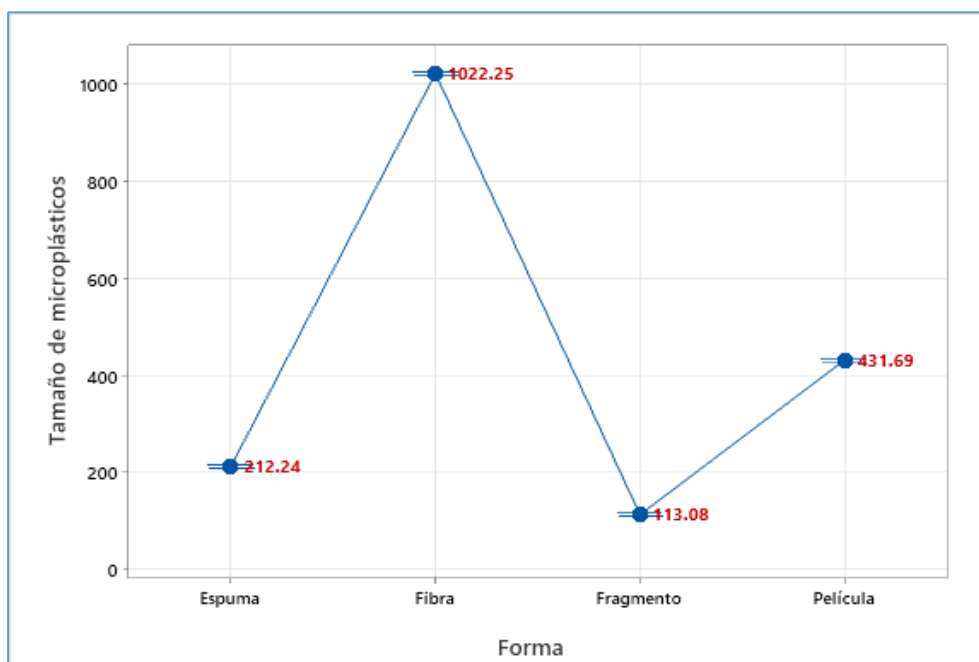
Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 3 (μm).

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de variación	IC para la media (95%)	
Fragmento	7	109.37	116.14	113.08	2.88	8.27	2.54	110.01	116.15
Fibra	7	1015.22	1027.33	1022.25	4.07	16.56	0.40%	1019.18	1025.33
Película	7	420.96	437.76	431.69	5.67	32.14	1.31	428.61	434.76
Espuma	6	209.45	214.28	212.24	1.63	2.67	0.77%	208.92	215.56

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 36

Intervalos de confianza para el tamaño promedio de microplásticos según forma: PM - 3 (μm).



Al 95% de confianza se afirma que el tamaño promedio de microplásticos presentes en el PM-3 de **tipo fragmento**, es de 135.08 (μm) con una variación que va de 110.01 (μm) a 116.15 (μm), en cuanto a la forma de **tipo fibra** el promedio es de 1022.25 (μm) con una variación que va de 1019.18 (μm) a 1025.33 (μm), para la forma **tipo película** el tamaño promedio es de 431.69 (μm) con una variación que va de 428.61 (μm) a 434.76 (μm) y para la forma **tipo espuma** el tamaño promedio es de 212.24 (μm) con una variación que va de 208.92

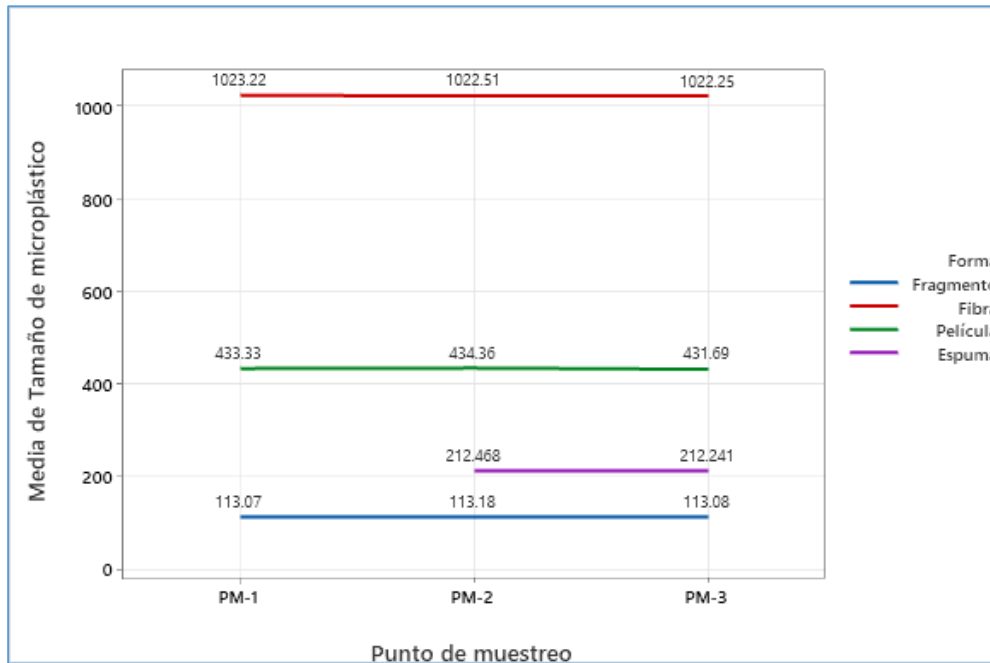


(μm) a 215.56 (μm). Del análisis de los datos se observa que existe mayor tamaño en microplásticos de tipo fibra en el PM-3.

b.4. Comparación Promedio del Tamaño de los Microplásticos según Forma y Punto de Muestreo.

Figura 37

Comparación del tamaño promedio de microplásticos según forma y punto de muestreo (μm).



Respecto al **tamaño promedio** de microplásticos respecto al tamaño por forma y punto de muestreo el tamaño mínimo de microplásticos (113.08 μm) se presenta en el PM-3 de forma **tipo fragmento** y el mayor tamaño de microplásticos (1023.22 μm) se presenta en el PM-1 de forma **tipo fibra**.

c. Caracterización de Microplásticos según Color.

Tabla 30

Cantidad de microplásticos por color (Und/l).

PM	Rep.	Color	Cantidad	PM	Rep.	Color	Cantidad	PM	Rep.	Color	Cantidad
PM - 1	R1	Translucido	101	PM - 2	R1	Translucido	106	PM - 3	R1	Translucido	146
PM - 1	R1	Rojo	71	PM - 2	R1	Rojo	39	PM - 3	R1	Rojo	88
PM - 1	R1	Negro	12	PM - 2	R1	Negro	0	PM - 3	R1	Negro	69



PM - 1	R1	Amarillo	35	PM - 2	R1	Amarillo	86	PM - 3	R1	Amarillo	0
PM - 1	R1	Verde	0	PM - 2	R1	Verde	0	PM - 3	R1	Verde	28
PM - 1	R1	Azul	0	PM - 2	R1	Azul	98	PM - 3	R1	Azul	0
PM - 1	R1	Celeste	0	PM - 2	R1	Celeste	0	PM - 3	R1	Celeste	21
PM - 1	R2	Translucido	113	PM - 2	R2	Translucido	118	PM - 3	R2	Translucido	138
PM - 1	R2	Rojo	72	PM - 2	R2	Rojo	0	PM - 3	R2	Rojo	51
PM - 1	R2	Negro	51	PM - 2	R2	Negro	29	PM - 3	R2	Negro	66
PM - 1	R2	Amarillo	11	PM - 2	R2	Amarillo	33	PM - 3	R2	Amarillo	21
PM - 1	R2	Verde	0	PM - 2	R2	Verde	21	PM - 3	R2	Verde	0
PM - 1	R2	Azul	0	PM - 2	R2	Azul	119	PM - 3	R2	Azul	0
PM - 1	R2	Celeste	0	PM - 2	R2	Celeste	0	PM - 3	R2	Celeste	59
PM - 1	R3	Translucido	116	PM - 2	R3	Translucido	116	PM - 3	R3	Translucido	163
PM - 1	R3	Rojo	91	PM - 2	R3	Rojo	85	PM - 3	R3	Rojo	51
PM - 1	R3	Negro	0	PM - 2	R3	Negro	25	PM - 3	R3	Negro	49
PM - 1	R3	Amarillo	0	PM - 2	R3	Amarillo	29	PM - 3	R3	Amarillo	36
PM - 1	R3	Verde	0	PM - 2	R3	Verde	0	PM - 3	R3	Verde	0
PM - 1	R3	Azul	16	PM - 2	R3	Azul	46	PM - 3	R3	Azul	87
PM - 1	R3	Celeste	0	PM - 2	R3	Celeste	0	PM - 3	R3	Celeste	0
PM - 1	R4	Translucido	113	PM - 2	R4	Translucido	119	PM - 3	R4	Translucido	141
PM - 1	R4	Rojo	35	PM - 2	R4	Rojo	83	PM - 3	R4	Rojo	97
PM - 1	R4	Negro	0	PM - 2	R4	Negro	0	PM - 3	R4	Negro	29
PM - 1	R4	Amarillo	0	PM - 2	R4	Amarillo	39	PM - 3	R4	Amarillo	39
PM - 1	R4	Verde	4	PM - 2	R4	Verde	0	PM - 3	R4	Verde	0
PM - 1	R4	Azul	73	PM - 2	R4	Azul	41	PM - 3	R4	Azul	87
PM - 1	R4	Celeste	0	PM - 2	R4	Celeste	0	PM - 3	R4	Celeste	0
PM - 1	R5	Translucido	106	PM - 2	R5	Translucido	123	PM - 3	R5	Translucido	118
PM - 1	R5	Rojo	27	PM - 2	R5	Rojo	82	PM - 3	R5	Rojo	91
PM - 1	R5	Negro	19	PM - 2	R5	Negro	39	PM - 3	R5	Negro	35
PM - 1	R5	Amarillo	0	PM - 2	R5	Amarillo	16	PM - 3	R5	Amarillo	43
PM - 1	R5	Verde	7	PM - 2	R5	Verde	0	PM - 3	R5	Verde	49
PM - 1	R5	Azul	36	PM - 2	R5	Azul	49	PM - 3	R5	Azul	0
PM - 1	R5	Celeste	0	PM - 2	R5	Celeste	0	PM - 3	R5	Celeste	0
PM - 1	R6	Translucido	78	PM - 2	R6	Translucido	116	PM - 3	R6	Translucido	171
PM - 1	R6	Rojo	0	PM - 2	R6	Rojo	39	PM - 3	R6	Rojo	96
PM - 1	R6	Negro	39	PM - 2	R6	Negro	91	PM - 3	R6	Negro	79
PM - 1	R6	Amarillo	18	PM - 2	R6	Amarillo	0	PM - 3	R6	Amarillo	0
PM - 1	R6	Verde	0	PM - 2	R6	Verde	26	PM - 3	R6	Verde	47



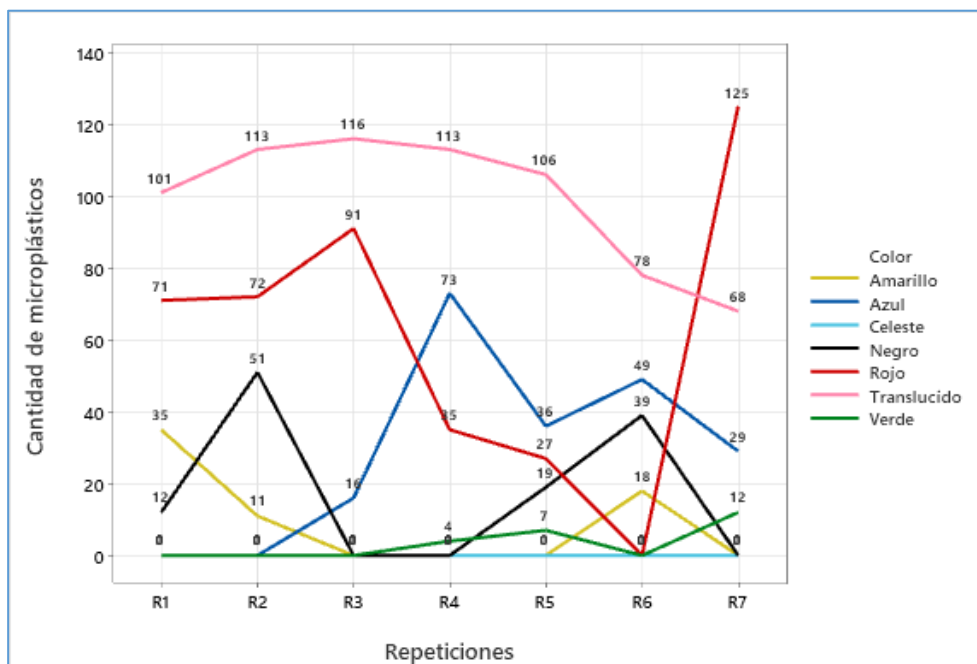
PM - 1	R6	Azul	49	PM - 2	R6	Azul	0	PM - 3	R6	Azul	19
PM - 1	R6	Celeste	0	PM - 2	R6	Celeste	0	PM - 3	R6	Celeste	0
PM - 1	R7	Translucido	68	PM - 2	R7	Translucido	106	PM - 3	R7	Translucido	95
PM - 1	R7	Rojo	125	PM - 2	R7	Rojo	119	PM - 3	R7	Rojo	72
PM - 1	R7	Negro	0	PM - 2	R7	Negro	0	PM - 3	R7	Negro	61
PM - 1	R7	Amarillo	0	PM - 2	R7	Amarillo	21	PM - 3	R7	Amarillo	0
PM - 1	R7	Verde	12	PM - 2	R7	Verde	29	PM - 3	R7	Verde	42
PM - 1	R7	Azul	29	PM - 2	R7	Azul	0	PM - 3	R7	Azul	0
PM - 1	R7	Celeste	0	PM - 2	R7	Celeste	0	PM - 3	R7	Celeste	109

Nota: Resultados en base a informe de Laboratorio de Química General – FIA –UAC.

c.1. Caracterización de Microplásticos por Color: PM – 1

Figura 38

Cantidad de microplásticos por color: PM – 1.



En el PM-1 se observa la presencia de microplásticos de distintos colores, respecto al color **translúcido** se halló menor cantidad de microplásticos (68 und) en R7 y mayor cantidad (116 und) en R3, para el color **rojo** la menor cantidad de microplásticos (27 und) en R5 y mayor cantidad de microplásticos (125 und) en R7, en cuanto al color **azul** se halló menor cantidad de microplásticos (16 und) en R3 y mayor cantidad de microplásticos (73 und) en R4, para el color



negro la menor cantidad de microplásticos (12 und) en R1 y mayor cantidad de microplásticos (51 und) en R2, en cuanto al color **amarillo** se halló menor cantidad de microplásticos (11 und) en R2 y mayor cantidad de microplásticos (35 und) en R1 y para el color **verde** la menor cantidad de microplásticos (4 und) en R4 y mayor cantidad de microplásticos (12 und) en R7.

Tabla 31

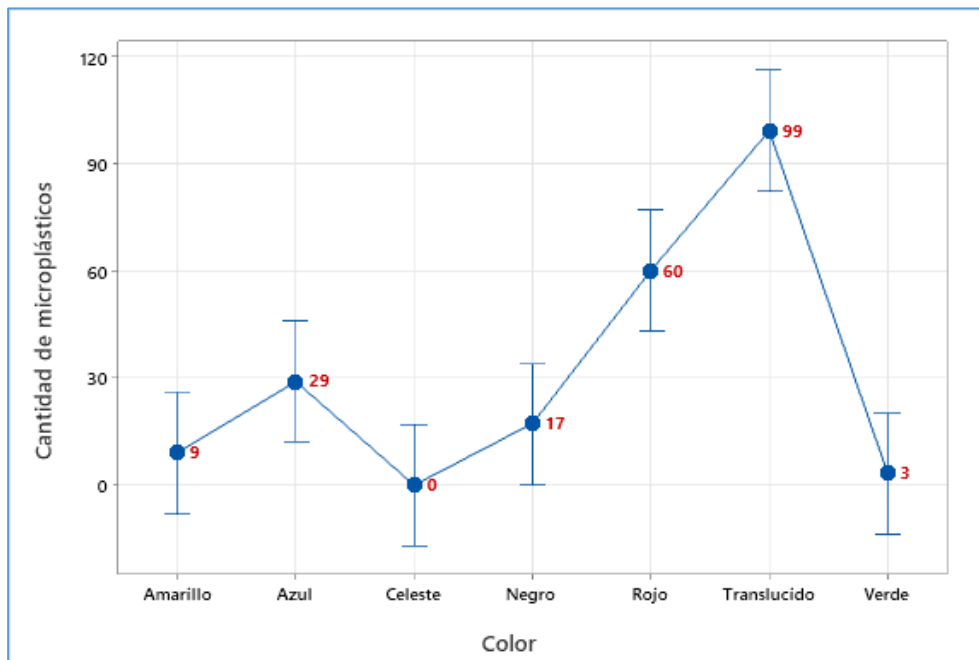
Estadísticos descriptivos para la cantidad de microplásticos por color: PM - 1.

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coficiente de variación	IC para la media (95%)	
Amarillo	7	0	35	9	13	181	9.14%	0	21
Azul	7	0	73	29	27	706	29%	12	46
Celeste	7	0	0	0	0	0	-	-	-
Negro	7	0	51	17	21	423	118.9%	0	34
Rojo	7	0	125	60	42	1794	70.4%	43	77
Translúcido	7	68	116	99	19	356	19%	82	116
Verde	7	0	12	3	5	22	143.5%	0	8

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 39

Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos por color: PM - 1.



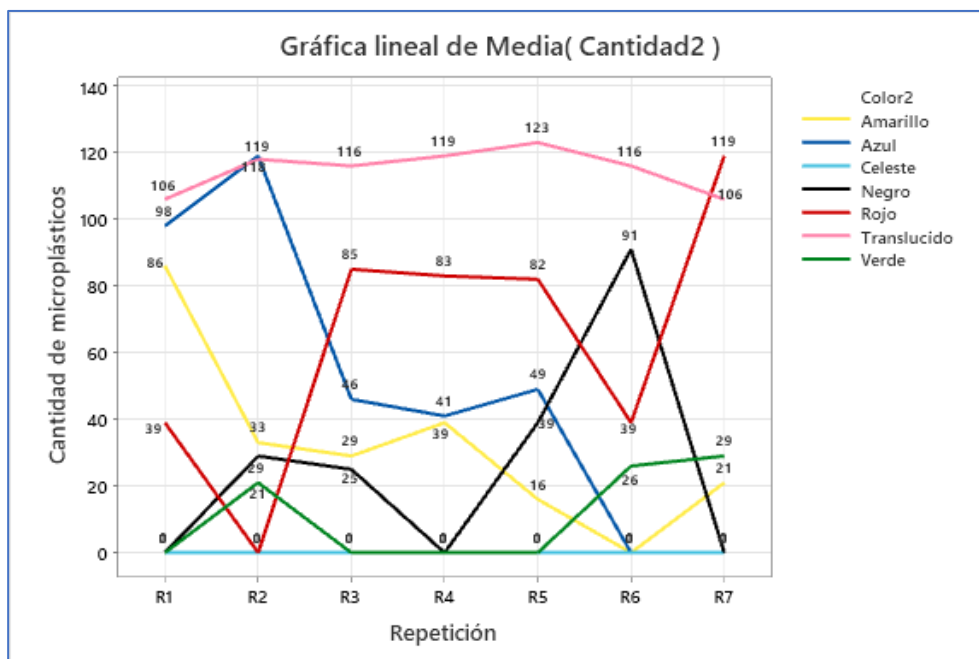


Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio referente a cada color de microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo; se tiene que, de **color translúcido**, es de 99 (Und) con una variación que va de 82 (Und) a 116 (Und), en cuanto al color **rojo** la cantidad promedio es de 60 (Und) con una variación que va de 43 (Und) a 77 (Und), para el color **azul** la cantidad promedio es de 29 (Und) con una variación que va de 12 (Und) a 46 (Und), para el color **negro** la cantidad promedio es de 17 (Und) con una variación que va de 0 (Und) a 34 (Und), para el color **amarillo** la cantidad promedio es de 9 (Und) con una variación que va de 0 (Und) a 21 (Und), y para el color **verde** la cantidad promedio es de 3 (Und) con una variación que va de 0 (Und) a 8 (Und). Del análisis de los datos se observa que el color con mayor cantidad de microplásticos en el PM-1 es el color translucido.

c.2. Caracterización de Microplásticos por color: PM – 2.

Figura 40

Cantidad de microplásticos por color: PM - 2.





En el PM-2 se observa la presencia de microplásticos de distintos colores, respecto al color **translucido** se halló menor cantidad de microplásticos (106 und) en R7-R1 y mayor cantidad (123 und) en R5, para el color **rojo** la menor cantidad de microplásticos (39 und) en R1-R6 y mayor cantidad de microplásticos (119 und) en R7, en cuanto al color **azul** se halló menor cantidad de microplásticos (39 und) en R5 y mayor cantidad de microplásticos (118 und) en R2, para el color **negro** la menor cantidad de microplásticos (25 und) en R3 y mayor cantidad de microplásticos (91 und) en R6, en cuanto al color **amarillo** se halló menor cantidad de microplásticos (16 und) en R5 y mayor cantidad de microplásticos (86 und) en R1 y para el color **verde** la menor cantidad de microplásticos (21 und) en R2 y mayor cantidad de microplásticos (29 und) en R7.

Tabla 32

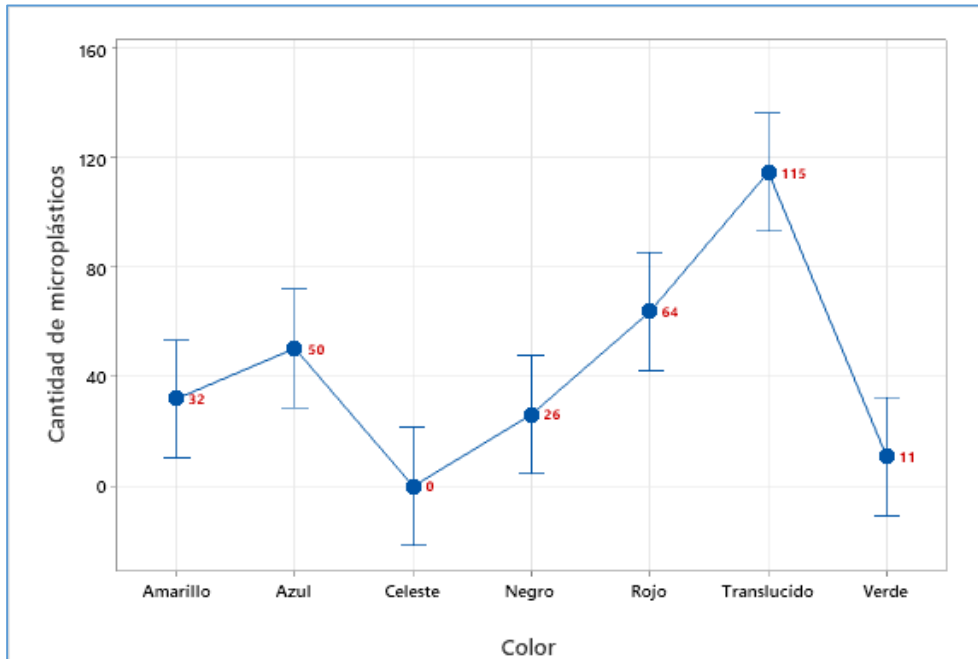
Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según forma: PM - 2 (Und).

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de variación	IC para la media (95%)	
Amarillo	7	0	86	32	27	729	84.39%	10.3	53.7
Azul	7	0	119	50	45	2027	89.29%	28.8	72.1
Celeste	7	0	0	0	0	0	-	-	-
Negro	7	0	91	26	33	1072	124.55%	4.6	47.9
Rojo	7	0	119	64	40	1583	62.3%	42.2	85.5
Translucido	7	106	123	115	6	42	5.65%	93.2	136.5
Verde	7	0	29	11	14	189	126.56%	0	32.5

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 41

Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos por color: PM - 2.



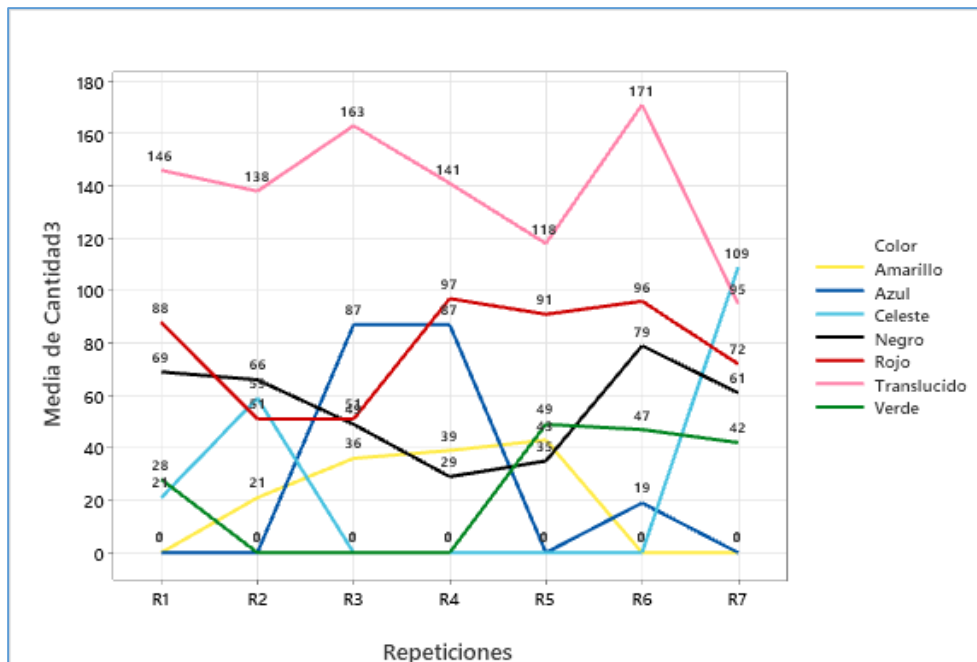
Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio referente a cada color de microplásticos presentes en el PM-2; se tiene que, de **color translúcido**, es de 115 (Und) con una variación que va de 93.2 (Und) a 136.5 (Und), en cuanto al color **rojo** la cantidad promedio es de 64 (Und) con una variación que va de 42.2 (Und) a 85.5 (Und), para el color **azul** la cantidad promedio es de 50 (Und) con una variación que va de 28.8 (Und) a 72.1 (Und), para el color **negro** la cantidad promedio es de 26 (Und) con una variación que va de 4.6 (Und) a 47.9 (Und), para el color **amarillo** la cantidad promedio es de 32 (Und) con una variación que va de 10.3 (Und) a 53.7 (Und), y para el color **verde** la cantidad promedio es de 11 (Und) con una variación que va de 0 (Und) a 32.5 (Und). Del análisis de los datos se observa que el color con mayor cantidad de microplásticos en el PM-2 es el color translúcido.



c.3. Caracterización de Microplásticos por Color: PM – 3.

Figura 42

Cantidad de microplásticos por color: PM - 3.



En el PM-3 se observa la presencia de microplásticos de distintos colores, respecto al color **translúcido** se halló menor cantidad de microplásticos (95 und) en R7 y mayor cantidad (171 und) en R6, para el color **rojo** la menor cantidad de microplásticos (49 und) en R3 y mayor cantidad de microplásticos (96 und) en R4, en cuanto al color **azul** se halló menor cantidad de microplásticos (19 und) en R6 y mayor cantidad de microplásticos (87 und) en R3-R4, para el color **negro** la menor cantidad de microplásticos (29 und) en R4 y mayor cantidad de microplásticos (79 und) en R6, en cuanto al color **amarillo** se halló menor cantidad de microplásticos (21 und) en R2 y mayor cantidad de microplásticos (43 und) en R5, para el color **verde** la menor cantidad de microplásticos (28 und) en R1 y mayor cantidad de microplásticos (49 und) en R7 y para el color **celeste** la menor cantidad de microplásticos (21 und) en R1 y mayor cantidad de microplásticos (109 und) en R7.



Tabla 33

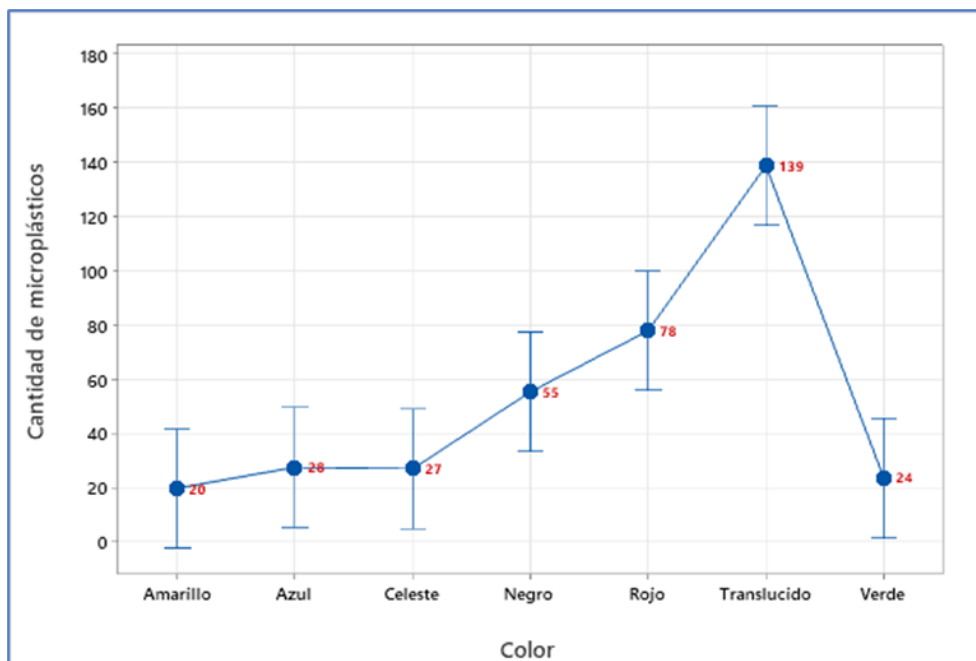
Estadísticos descriptivos para el tamaño de microplásticos según color: PM - 3 (Und).

Forma	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza	Coficiente de variación	IC para la media (95%)	
Amarillo	7	0	43	20	20	391	99.6%	0	41.9
Azul	7	0	87	28	41	1696	149.4%	5.6	49.6
Celeste	7	0	109	27	42	1783	156.4%	5	49
Negro	7	29	79	55	18	340	33.3%	33.4	77.4
Rojo	7	51	97	78	20	408	25.9%	55.9	100
Translúcido	7	95	171	139	26	672	18.7%	116.9	160.9
Verde	7	0	49	24	23	537	97.7%	1.7	45.7

Nota: Resultados en base al software SPSS.

Figura 43

Intervalos de confianza para la cantidad promedio de microplásticos por color: PM - 3.



Al 95% de confianza se afirma que la cantidad promedio referente a cada color de microplásticos presentes en el PM-3; se tiene que, de **color translúcido**, es de 139 (Und) con una variación que va de 116.9 (Und) a 160.9 (Und), en cuanto al color **rojo** la cantidad promedio es de 78 (Und) con una variación que va de 55.9 (Und) a 100 (Und), para el color **azul** la cantidad promedio es de 28 (Und) con una variación que va de 5.6 (Und) a 49.6 (Und), para el color **negro** la cantidad promedio es de 55 (Und) con una variación que va de 33.4

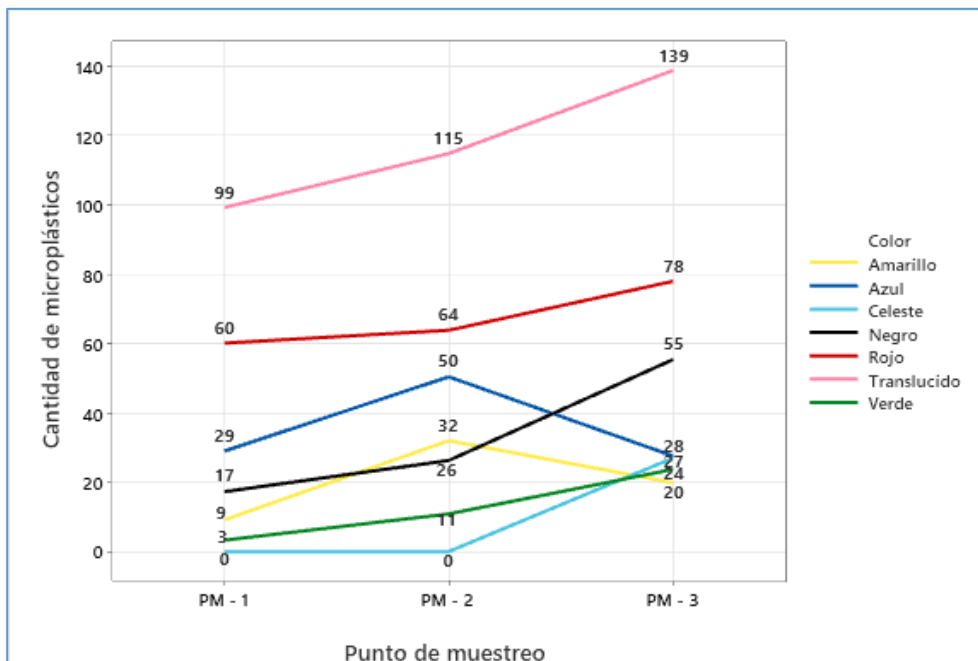


(Und) a 77.4 (Und), para el color **amarillo** la cantidad promedio es de 20 (Und) con una variación que va de 0 (Und) a 41.9 (Und), para el color **verde** la cantidad promedio es de 24 (Und) con una variación que va de 1.7 (Und) a 45.7 (Und), y para el color **celeste** la cantidad promedio es de 27 (Und) con una variación que va de 5 (Und) a 49 (Und). Del análisis de los datos se observa que el color con mayor cantidad de microplásticos en el PM3 es el color translúcido.

c.4. Comparación Promedio de la Cantidad de Microplásticos por Color y Punto de Muestreo.

Figura 44

Comparación promedio de la cantidad de microplásticos por color y punto de muestreo.

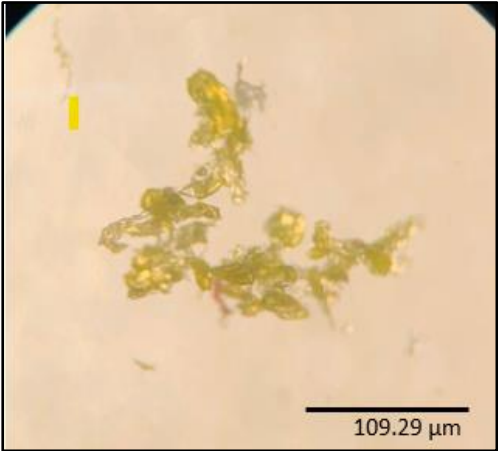
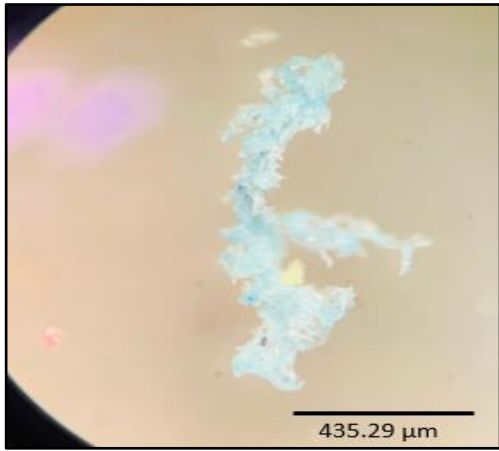

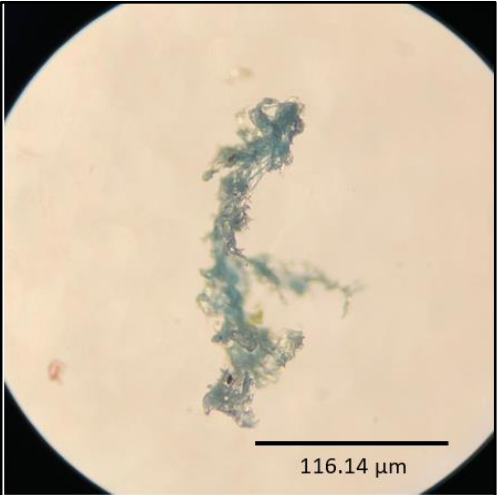
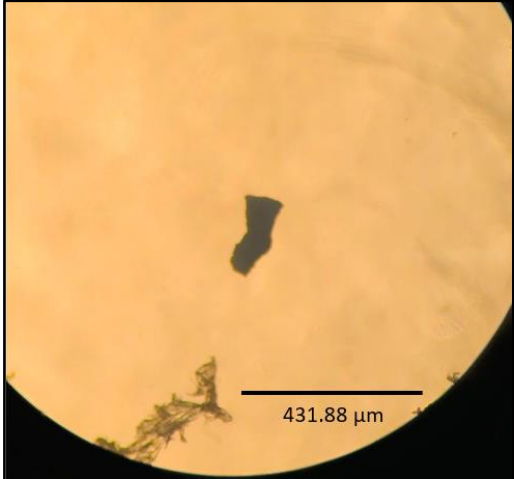
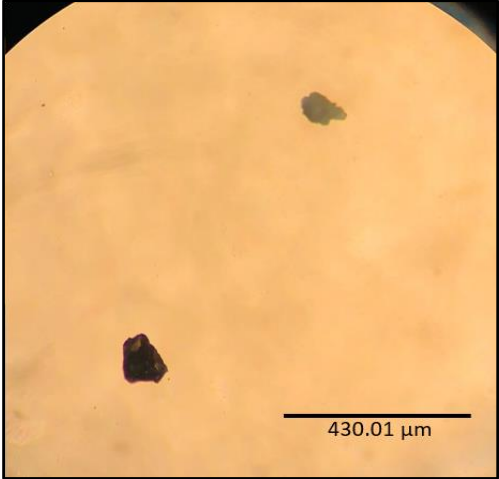


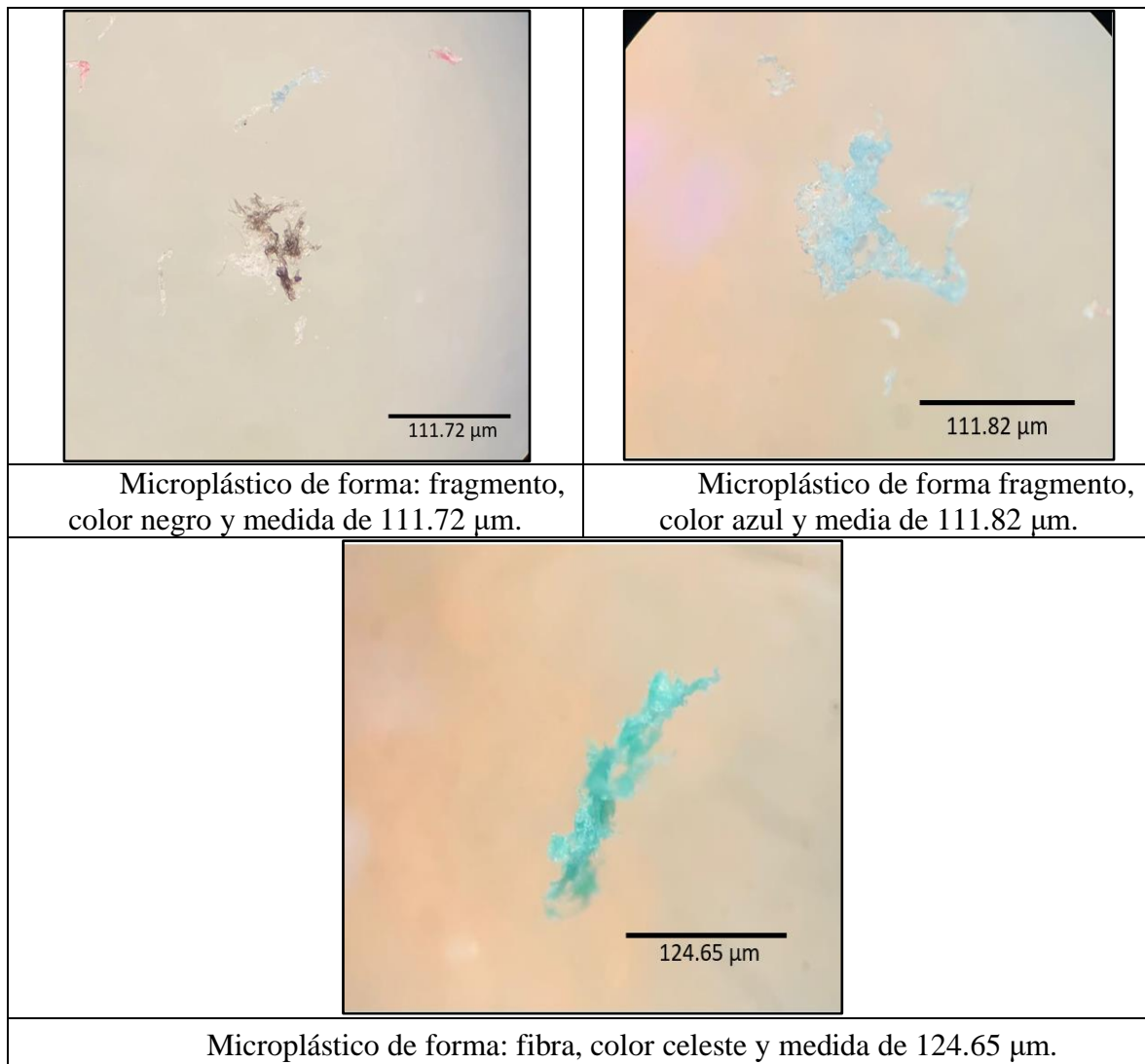
Respecto a los colores encontrados de microplásticos respecto al punto de muestreo el color con mayor presencia de microplásticos se presenta en el PM-1, PM-2 y PM-3 es el color translúcido y de menor presencia se encuentra el color verde en PM-1



Figura 45

Fotografías de microplásticos hallados por tamaños y color.

 <p>109.29 μm</p>	 <p>435.29 μm</p>
Microplástico de forma: fragmento, color amarillo y medida de 109.29 μm .	Microplástico de forma: fragmento, color azul y medida de 435.29 μm .
 <p>122.21 μm</p>	 <p>116.14 μm</p>
Microplástico de forma: fibra, color translúcido y medida de 122.21 μm	Microplástico de forma: fragmento, color celeste y medida de 116.14 μm .
 <p>431.88 μm</p>	 <p>430.01 μm</p>
Microplástico de forma: película, color negro y medida de 431.88 μm .	Microplástico de forma: película, color negro y medida de 430.01 μm .



Nota: Fotografías Obtenidas en base a informe del Laboratorio de Química General – FIA – UAC.

4.3.3. Determinación de la Identidad Polimérica

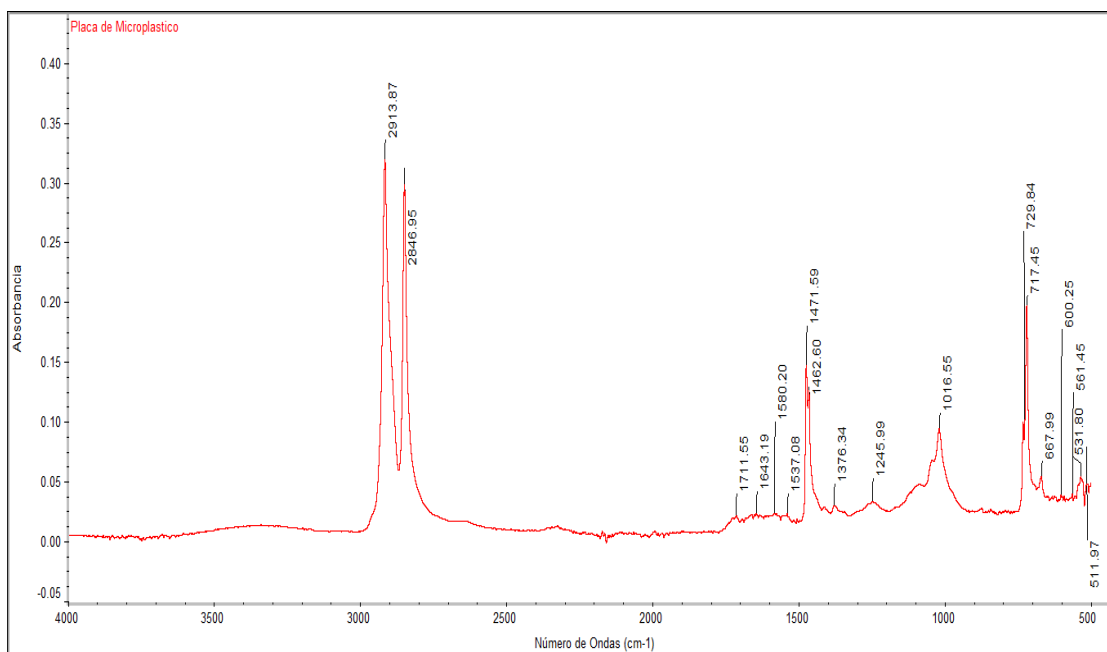
Las muestras son llevadas a Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR), equipo NICOLET 380. El cual fue analizado en un laboratorio externo en la Universidad San Antonio Abad del Cusco para la lectura de polímeros. Los resultados que arrojan son intervalos numéricos los cuales pasarán a ser interpretados.



a. Determinación de la Identidad Polimérica del PM-1.

Figura 46

Espectro infrarrojo del PM-1.



Nota: Resultados obtenidos en base a informe del Laboratorio de Química Orgánica - UNSAAC.

El espectro muestra diferentes grupos funcionales, para ello tomaremos los picos más representativos. Las vibraciones de estiramiento del compuesto carbonílico (CH) observadas en el grupo funcional 2913.7 y 2846.95 cm^{-1} corresponden al tipo de vibración alcano, mientras que las vibraciones de flexión del metileno (CH_2) se hallan dentro de los grupos funcionales 1471.59 y 1462.60 cm^{-1} ; por otro lado, se halla vibraciones de metileno (CH_2) a 729.84 y 717.45 cm^{-1} que también se hallan dentro del grupo alcano. Las vibraciones del grupo alcano obtenidas nos indican que pertenecen al POLIPROPILENO (PP). Por otra parte, la aparición de un pico pequeño en 1377 cm^{-1} podría deberse a las vibraciones de flexión del grupo metilo (CH_3) pertenecientes al POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE).

Las bandas débiles que se observan en el espectro a 1711.55 cm^{-1} pertenecen a los grupos carbonilo $\text{C}=\text{O}$. Así mismo se observa un pico pequeño a 1245.99 cm^{-1} perteneciente a las vibraciones de tensión del $\text{C}-\text{C}$. Las vibraciones de tensión entre $1000-1100\text{ cm}^{-1}$ son

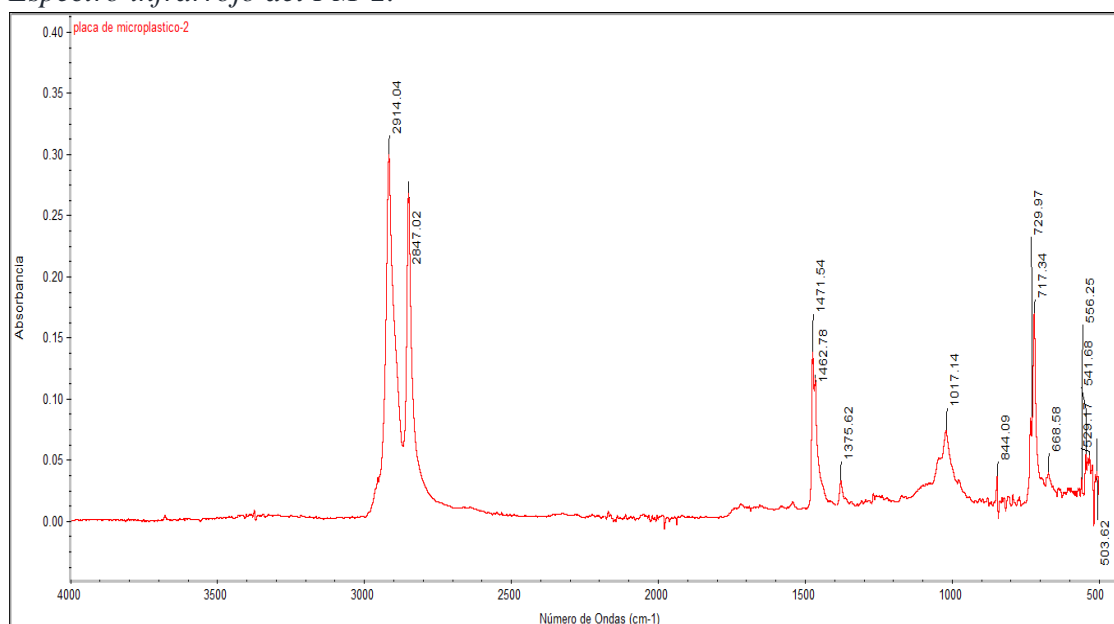


característicos de las tensiones de los enlaces del anillo aromático presente en la muestra, que en este caso aparece en 1016.55 cm^{-1} . Todos estos picos nos indican la presencia de TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) o de un compuesto que en su composición presenta un anillo aromático. Así mismo se halla estiramiento del enlace C=O en el grupo funcional 1643.19 cm^{-1} aparece a una frecuencia inferior al resto de grupos funcionales con C=O el cual nos indica que corresponden al tipo de vibración amida la cual hace referencia a la presencia de POLIAMIDA/NYLON (PA).

b. Determinación de la Identidad Polimérica del PM-2

Figura 47

Espectro infrarrojo del PM-2.



Nota: Resultados obtenidos en base a informe del Laboratorio de Química Orgánica - UNSAAC.

El espectro muestra diferentes grupos funcionales, para ello tomaremos los picos más representativos. Las vibraciones de estiramiento de carbonílico (CH) observadas en el grupo funcional 2914.04 y 2847.02 cm^{-1} corresponden al tipo de vibración alcano, mientras que las vibraciones de flexión del metileno (CH_2) se hallan dentro de los grupos funcionales 1471.54 y 1462.78 cm^{-1} . Por otro lado, se hallan vibraciones de metileno (CH_2) a 729.97 y 717.34 cm^{-1} . Las vibraciones del grupo alcano obtenidas nos indican que pertenecen al POLIPROPILENO.



Por otra parte, la aparición de un pico pequeño en 1375.62 se podría deber a las vibraciones de flexión del grupo CH_3 pertenecientes al POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE).

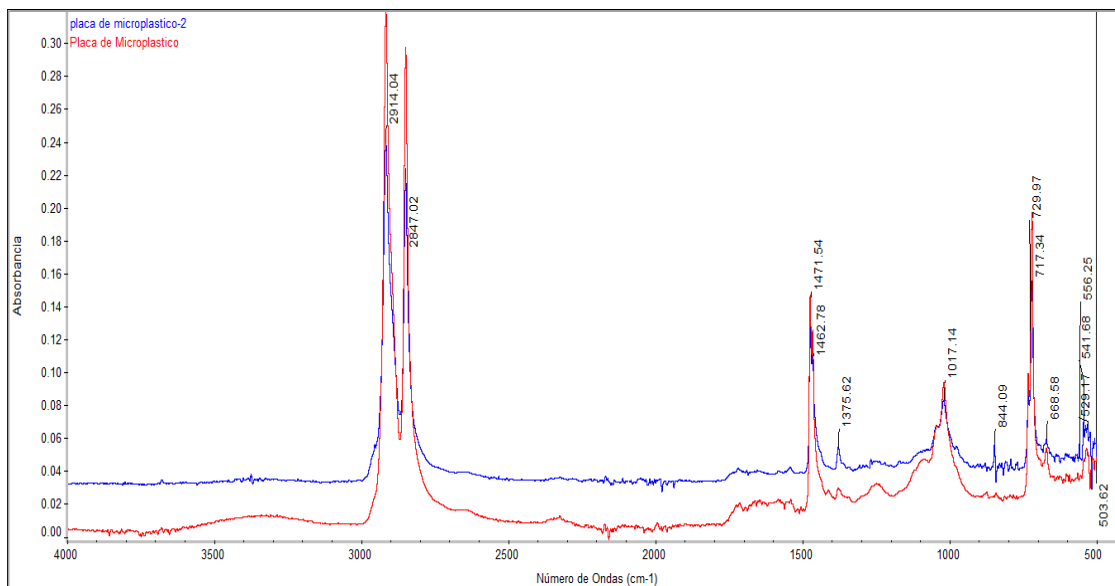
Los movimientos de tensión entre $1000\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ son característicos de las tensiones de los enlaces del anillo aromático. En el espectro aparece en un pico en 1017.14 cm^{-1} el cual indicaría la presencia de un compuesto aromático en la muestra. Estas vibraciones nos indican la presencia de TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) o de un compuesto que en su composición presenta un anillo aromático.

Así mismo se halla estiramiento del enlace $\text{C}=\text{O}$ en el grupo funcional $1550\text{ - }1650\text{ cm}^{-1}$ aparece a una frecuencia inferior al resto de grupos funcionales con $\text{C}=\text{O}$ el cual nos indica que corresponden al tipo de vibración amida la cual hace referencia a la presencia de POLIAMIDA/NYLON (PA).

c. Comparativo de los Espectros Infrarrojos entre los PM-1 y PM-2

Figura 48

Espectro infrarrojo Comparativo entre el PM-1 y PM-2



Nota: Resultados obtenidos en base a informe del Laboratorio de Química Orgánica - UNSAAC.

En este espectro se muestra la similitud que existe entre el PM-01 y PM-02, los diferentes grupos funcionales presentan ligeras variaciones en los picos representativos lo que



indica que ambos espectros muestran que las vibraciones de estiramiento carbonílico (CH) observadas en el grupo funcional en el rango de 2500 a 3000 cm^{-1} corresponden al tipo de vibración alcano

Lo que quiere decir que pertenecen al POLIPROPILENO (PP). Por otra parte, la aparición de los picos inferiores que se hallan en un rango de 1100 a 1400 cm^{-1} podría deberse a las vibraciones de flexión del grupo metilo (CH_3) pertenecientes al POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE).

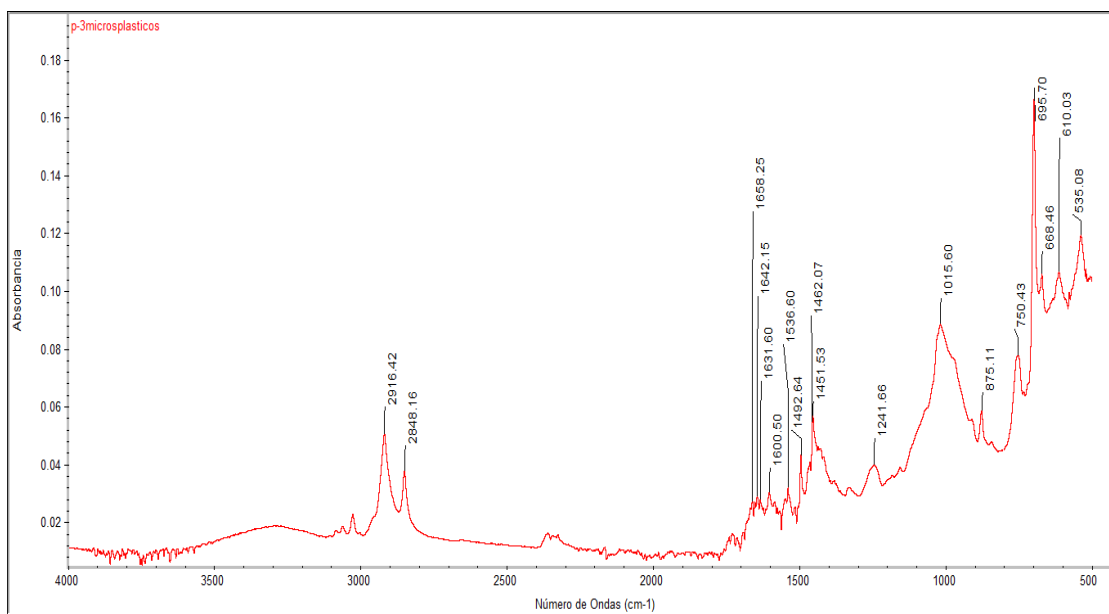
Las bandas débiles que se observan en el espectro a 1711.55 cm^{-1} pertenecen a los grupos carbonilo C=O. Así mismo se observa un pico pequeño a 1245.99 cm^{-1} perteneciente a las vibraciones de tensión del C-C. Las vibraciones de tensión entre 1000-1100 cm^{-1} son características de las tensiones de los enlaces del anillo aromático presente en la muestra, que en este caso aparece en 1016.55 cm^{-1} . Todos estos picos nos indican la presencia de TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET). Así mismo se halla estiramiento del enlace C=O en el grupo funcional 1643.19 cm^{-1} aparece a una frecuencia inferior al resto de grupos funcionales con C=O nos indica que corresponden al tipo de vibración amida la cual hace referencia a la presencia de POLIAMIDA/NYLON (PA).



d. Determinación de la Identidad Polimérica del PM-3

Figura 49

Espectro infrarrojo del PM-3.



Nota: Resultados obtenidos en base a informe del Laboratorio de Química Orgánica - UNSAAC.

El espectro muestra diferentes grupos funcionales, para ello tomaremos los picos más representativos. Las vibraciones de estiramiento de carbonílico (CH) observadas en el grupo funcional 695.7016 y 750.43 cm^{-1} corresponden al tipo de vibración alcano, mientras que las vibraciones de flexión del metileno (CH_2) se hallan dentro de los grupos funcionales 1631.60 y 1462.07 cm^{-1} . Por otro lado, se hallan vibraciones de metileno (CH_2) a 750.43 y 717.45 cm^{-1} . Las vibraciones del grupo alcano obtenidas nos indican que pertenecen al POLIPROPILENO (PP). Por otra parte, la aparición de un pico pequeño en 1377 se podría deber a las vibraciones de flexión del grupo metilo (CH_3) pertenecientes al POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE).

Las bandas débiles que se observan en el espectro a 1658.25 cm^{-1} pertenecen a los grupos carbonilo $\text{C}=\text{O}$. Así mismo se observa un pico pequeño a 1241.66 cm^{-1} perteneciente a las vibraciones de tensión del $\text{C}-\text{C}$. Las vibraciones de tensión entre 1000-1800 cm^{-1} son



característicos de las tensiones de los enlaces del anillo aromático presente en la muestra, que en este caso aparece en 1016.55 cm^{-1} . Todos estos picos nos indican la presencia de TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) o de un compuesto que en su composición presenta un anillo aromático.

Así mismo se halla estiramiento del enlace C=O en el grupo funcional 1631.60 y 1658.25 cm^{-1} aparece a una frecuencia inferior al resto de grupos funcionales con C=O nos indica que corresponden al tipo de vibración amida la cual hace referencia a la presencia de POLIAMIDA/NYLON (PA).

La ubicación de las bandas de absorción es parecida a la del polietileno, pero se puede notar una influencia debida a la existencia de cloro, bandas fuertes entre $1000-1150\text{ cm}^{-1}$. Se muestra además una banda de tensión de los enlaces C-H a 2848.16 y 2916.42 cm^{-1} , otra de tensión C-C a 1241.16 cm^{-1} y a un movimiento de flexión de metileno (CH_2) en $695.70-750.43\text{ cm}^{-1}$. indica que corresponden al tipo de vibración alqueno el cual nos indica la presencia de POLICLORURO DE VINILO (PVC).

e. Cantidad Porcentual.

Tabla 34

Cantidad promedio porcentual de microplásticos por tipo de polímero y punto de muestreo.

Puntos	Polímeros	%
PM-1	Polipropileno (PP)	36
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	12
	Poliamida/Nylon (PA)	17
	Tereftalato de Polietileno (PET)	35
PM-2	Polipropileno (PP)	33
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	9
	Poliamida/Nylon (PA)	19
	Tereftalato de Polietileno (PET)	39
PM-3	Polipropileno (PP)	28
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	13

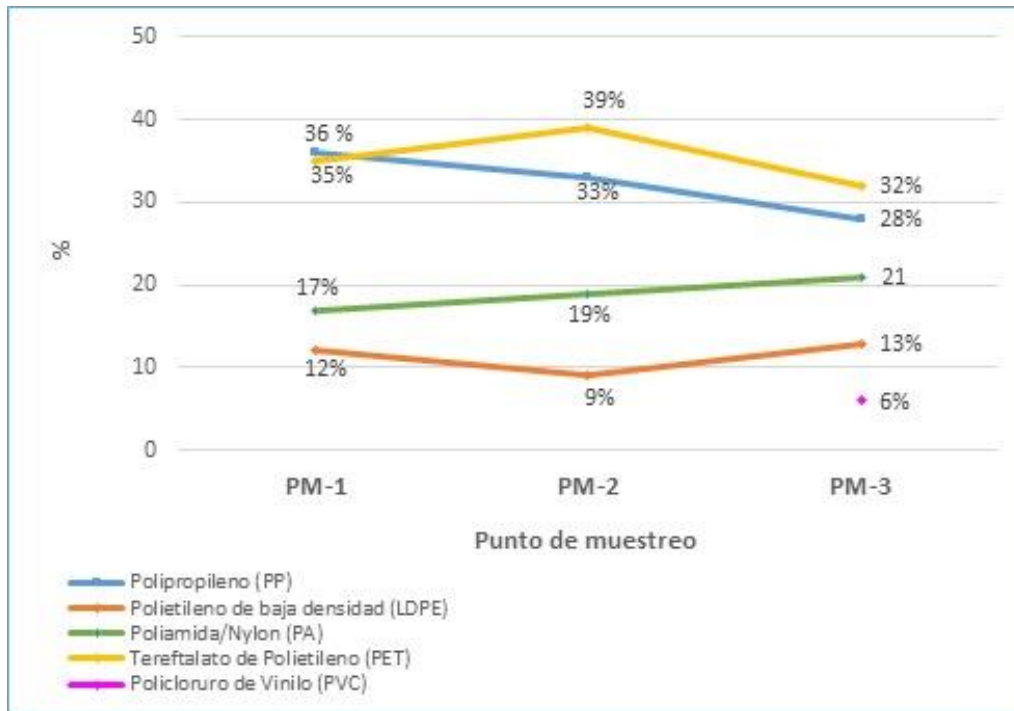


Poliamida/Nylon (PA)	21
Tereftalato de Polietileno (PET)	32
Policloruro de Vinilo (PVC)	6

Nota: Resultados obtenidos en base a informe del Laboratorio de Química Orgánica - UNSAAC.

Tabla 35

Comparación promedio de tipos de polímero por punto de muestreo.



En cuanto a la identificación de polímeros existentes en los 3 puntos de muestreo se identificaron 5 tipos de polímeros: polipropileno (PP), polietileno de baja densidad (LDPE), poliamida/Nylon, tereftalato de polietileno (PET) y policloruro de vinilo (PVC). Para el PM – 1 se tiene que; existe mayor presencia de polipropileno (PP) con 36% del total de muestras analizadas, y en menor porcentaje se encuentra el polietileno de baja densidad (LDPE) con 12%. En el PM – 2 existe mayor presencia de tereftalato de polietileno (PET) del total de muestras analizadas, y en menor porcentaje polietileno de baja densidad (LDPE) con 9%. Finalmente, en el PM – 3 la mayor presencia corresponde al tereftalato de polietileno (PET) y en menor porcentaje policloruro de vinilo (PVC) con 6%.



CAPITULO V: DISCUSIÓN

5.1. Descripción de los Hallazgos más Relevantes y Significativos

5.1.1. Hallazgo 1

El estudio reveló altos índices de dispersión espacial de microplásticos, destacando áreas específicas donde se identificó un incremento significativo en la concentración de este contaminante, en los puntos de muestreo PM-2 y PM-3 situados en el cuerpo receptor, en comparación con el PM-1. Estos resultados indican que los microplásticos pueden ser liberados por diferentes fuentes, como residuos industriales, desechos urbanos o actividades humanas.

5.1.2. Hallazgo 2

Se ha evidenciado la existencia de desagües clandestinos que vierten directamente al río Huatanay. Este hallazgo adquiere relevancia debido a su proximidad con la descarga del efluente de la planta de tratamiento ubicada aguas arriba. Lo cual indica que las descargas clandestinas posiblemente afecten la calidad de las aguas tratadas destinadas a un segundo uso.

5.1.3. Hallazgo 3

Se observó la presencia de espuma en el cuerpo receptor entre el PM-1 y PM-2, generalmente conocida como "espuma de efluente" o "espuma en la descarga del efluente". Este fenómeno puede estar asociado con varios factores, incluyendo la presencia de sustancias orgánicas o detergentes en el agua tratada. Es importante monitorear y comprender la formación de espuma, ya que podría indicar la presencia de compuestos que pueden afectar la calidad del agua.

5.1.4. Hallazgo 4

Se observó la acumulación de residuos plásticos a orillas del río Huatanay en la zona de estudio, la presencia de estos contaminantes contribuye a la liberación de microplásticos al ambiente acuático, ya que son el resultado de la descomposición de macroplásticos. La cual



destaca la necesidad de abordar y gestionar adecuadamente la problemática de los desechos plásticos para preservar la salud de los ecosistemas acuáticos.

5.2. Limitaciones del Estudio

5.2.1. Limitación 1

Los puntos de muestreo PM-2 y PM-3 fueron de difícil acceso debido a la morfología de la zona, contaba con pendientes que impedían el tránsito libre y seguro; por otro lado, la ubicación de las viviendas en el límite de la faja marginal dificultó aún más el acceso a los puntos de muestreo mencionados.

5.2.2. Limitación 2

Para realizar la identificación polimérica de microplásticos, fue esencial contar con el equipo especializado espectrómetro FT-IR, el cual no estaba disponible en el laboratorio de química general de la Universidad Andina del Cusco. Por ende, fue necesario recurrir a un laboratorio externo para obtener los resultados necesarios.

5.2.3. Limitación 3

Escasa información acerca del aislamiento de microplásticos en aguas a nivel nacional, lo que implica tomar como referencia investigaciones internacionales.

5.2.4. Limitación 4

Para la primera fase de la experimentación, se realizó un filtrado por bomba al vacío para la obtención de sedimentos, el cual es una técnica convencional para la investigación, como consecuencia incrementa considerablemente el tiempo estimado de filtrado. El equipo adecuado es un colector de manta, ya que facilitará la toma de muestra en volúmenes altos de agua, permitiendo obtener muestras más representativas.



5.3. Comparación crítica con la literatura existente

5.3.1. Comparación 1

- **Determinación de metodología para aislar microplásticos.**

Para realizar el proceso de aislamiento de microplásticos se determinó la metodología diseñada por la Administración Nacional de Océano y Atmósfera de los Estados Unidos (NOAA por sus siglas en inglés). De acuerdo a (Mintenig, 2017) quien realizó su investigación de microplásticos en los efluentes de la EDAR en Baja Sajonia Alemania, indica que las muestras se purificaron mediante un procedimiento enzimático-oxidativo para conservar el plástico y la posterior separación de densidad utilizando una solución de cloruro de zinc. Por otra parte, (Fuentes M. D., 2021) comparte semejanza con nuestra investigación dado que para el pretratamiento de las muestras también se empleó la metodología diseñada por la Administración Nacional de Océano y Atmósfera de los Estados Unidos (NOAA) el cual hace uso de la digestión oxidativa para la purificación de microplásticos. Así mismo, (Huanaco, 2019) implementó una metodología para el análisis e identificación de microplásticos, que consistió en oxidación de materia orgánica y su separación por densidad e identificación. Por tanto, existe similitud con los antecedentes comparados en relación al proceso de aislamiento de microplásticos.

5.3.2. Comparación 2.

- **Determinación de la caracterización por forma de microplásticos.**

La caracterización morfológica de los microplásticos se encuentra estandarizada y clasificada según Standardised Size and Colour Sorting System (SCS) en 5 formas las cuales son: esfera, fragmentos, fibras, películas y espuma. De acuerdo a (Fuentes M. D., 2021) la morfología que halló en mayor cantidad en su investigación fueron microplásticos de tipo fragmento (52%) y fibras (41%). (Huanaco, 2019) ha identificado 38 MPs de tipo fragmento que representan 39,2%; 32 MPs de tipo película que representan 33 %; 20 MPs de tipo



filamento que representan 20,6%; y 7 MPs de tipo esferas que representan 7,2%. Por otro lado, (Manrique, 2019) menciona haber hallado 3 formas de microplásticos las cuales fueron fragmento, fibra y lámina. De lo mencionado anteriormente podemos afirmar que el tipo de microplástico que se halla en mayor cantidad son los de tipo fragmento, fibra y película existiendo una similitud con la presente investigación.

5.3.3. Comparación 3.

- **Determinación de la caracterización por color de microplásticos.**

La identificación respecto al color de microplásticos puede variar dado que no existen colores específicos. (Fuentes M. D., 2021) en su investigación, indica haber hallado un color oscuro sin especificar el color exacto que representa el (35%), azul (20%) y beige (12%). (Rios, 2017) determinó en 6 muestras de microplásticos distintos colores tales como azul, verde, amarillo, rojo, blanco y negro; siendo los microplásticos de color blanco el de mayor peso. Por otra parte, (Huanaco, 2019) en su investigación ha registrado diversos colores, indica que en el muestreo de noviembre 2017 el color blanco fue predominante con 56 %, negro con 26%, amarillo 5%, azul 3% y celeste 2%. mientras en el muestreo de diciembre 2018; el color blanco representa 75%, negro 12%, amarillo 4%, azul 3%, celeste 3% y otros 3%. Por su parte, (Manrique, 2019) determinó la presencia de colores desde el más oscuro hasta transparente, siendo este último el más predominante. Haciendo un comparativo de los resultados hallados entre la presente investigación y los autores antes mencionados, podemos afirmar que el translúcido es predominante en las muestras analizadas, manteniendo semejanza con los autores mencionados. Así mismo se halló una similitud más exacta con el autor (Rios, 2017).

5.3.4. Comparación 4

- **Determinación de la caracterización por tamaño de microplásticos.**

Los microplásticos son partículas que tienen por característica la medida de entre 1µm a 5mm que por lo general son imperceptibles. Por tanto, según (Fuentes M. D., 2021) en su



investigación el tamaño que predominó fueron los Minimicroplásticos en un 89% el cual tiene la medida de $1\mu\text{m}$ a 1 mm . (Rios, 2017) indica que los resultados obtenidos en su investigación corresponden a la caracterización por tamaño de microplásticos, los cuales fueron de $106\mu\text{m}$, $850\mu\text{m}$, $2000\mu\text{m}$ y mayores a $2000\mu\text{m}$. Por su parte (Huanaco, 2019) muestra en un primer grupo de tamaño $0,063$ a $0,1\text{ mm}$; el segundo grupo de tamaño $0,1$ a $1,0\text{ mm}$; tercer grupo de tamaño $1,0$ a $2,5\text{ mm}$ y, finalmente, el cuarto grupo de tamaño $2,5$ a $5,0\text{ mm}$. De lo mencionado anteriormente podemos señalar que existe una semejanza en cuanto al tamaño de los microplásticos hallados con el autor (Fuentes M. D., 2021), dado que los resultados obtenidos en la presente investigación comprenden tamaños de entre 100 a $1025\mu\text{m}$, en promedio se tiene: fragmento $111\mu\text{m}$, fibra $1022\mu\text{m}$, película $400\mu\text{m}$ y espumas $200\mu\text{m}$.

5.3.5. Comparación 5.

- **Determinación de la identidad polimérica.**

Para definir el tipo de polímero del microplástico se puede requerir de la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) o microscopía RAMAN. (Minténig, 2017) en su investigación trabajó el análisis FT-IR con el cual pudo determinar 14 tipos de polímeros de los cuales el polietileno fue predominante en sus muestras. Por su parte (Fuentes M. D., 2021) indica que para determinar la composición polimérica de MPs utilizó el equipo de espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR) teniendo como resultados 11 tipos de polímeros, siendo el Polietileno (PE) el polímero con mayor frecuencia relativa (39%), seguido del Poliamida/Nylon (16%) y el Polipropileno (13%), otros polímeros identificados con porcentajes menores iguales a 10% son el Poliéter Sulfona (PES), Poliestireno (PS), Tereftalato de polietileno (PET), Policloruro de vinilo (PVC), Polimetilmetacrilato (PMMA), Polietileno de alta densidad (HDPE), Polietileno de baja densidad (LDPE) y Policarbonato (PC). Así mismo (Rios, 2017) indica que, en 5 de las 6 muestras analizadas identificó polietileno de alta densidad en mayor porcentaje y en la sexta muestra polipropileno. (Huanaco,



2019) revela que, para la determinación del tipo de polímero utilizó espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier, menciona que los microplásticos identificados corresponden a poliestireno, polipropileno y tereftalato de polietileno. Por su parte, (Manrique, 2019) muestra que los tipos de microplásticos obtenidos son; Polietileno de alta densidad (PEAD), Polietileno de baja densidad (PEBD) y Polipropileno (PP). Haciendo un comparativo podemos afirmar que la presente investigación guarda semejanza con los autores mencionado, dado que los resultados indican presencia de Polietileno y Polipropileno en mayor porcentaje, sin embargo; cabe resaltar que, también hubo presencia de Poliamida/Nylon y Policloruro de Vinilo (PVC).

5.4. Implicancias del Estudio

Este estudio muestra la necesidad de una acción inmediata y sostenida para abordar la contaminación por microplásticos. Estas implicaciones pueden guiar esfuerzos futuros para proteger los recursos hídricos y ecosistemas acuáticos, así como para promover un enfoque más sostenible en la gestión de aguas residuales.

5.4.1. Implicancia 1

La identificación de áreas específicas con concentraciones elevadas destaca la necesidad de abordar las fuentes responsables de la liberación de microplásticos. La adopción de medidas correctivas en estos sitios específicos se vuelve esencial para mitigar la acumulación continua de microplásticos en el cuerpo receptor. En consecuencia, los resultados obtenidos respaldan la necesidad de investigaciones adicionales para identificar y comprender las diversas fuentes de liberación de microplásticos, proporcionando así una base sólida para estrategias más efectivas a nivel regional y global.

5.4.2. Implicancia 2

La existencia de desagües clandestinos que desembocan directamente al río Huatanay representa una amenaza para la calidad de las aguas provenientes de la planta de tratamiento ubicada aguas arriba, el cual implica riesgos potenciales para la calidad y seguridad del recurso



hídrico, resaltando la importancia de implementar medidas efectivas de control y vigilancia para prevenir descargas no autorizadas que puedan comprometer la integridad de las aguas destinadas a un segundo uso, como es el riego agrícola. Además, resalta la importancia de un enfoque integral en la gestión del agua, abordando no sólo la eficiencia de las plantas de tratamiento, sino también las fuentes externas de contaminación para preservar la calidad del recurso hídrico.

5.4.3. Implicancia 3.

Durante la extracción de muestras, la presencia de espuma señala ser un indicador de la existencia de compuestos que podrían estar relacionados con la presencia de microplásticos, la importancia radica en llevar a cabo monitoreos continuos y detallados que puedan profundizar la identificación de los componentes responsables de la formación de espuma. Esto permitirá proponer estrategias eficaces para controlar y prevenir este fenómeno, contribuyendo así a la preservación de la calidad del agua y al desarrollo de medidas preventivas adecuadas.



CONCLUSIONES

La investigación confirma la presencia de microplásticos en la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo, designado como PM-1, con el cual se acepta la hipótesis planteada. Los análisis realizados mostraron la existencia significativa de partículas de microplásticos de diversas formas, tamaños, colores y polímeros. La investigación amplía su alcance, corroborando la existencia de microplásticos en los puntos de muestreo adicional PM-2 y PM-3, situados en el cuerpo receptor del río Huatanay.

Como resultado de la aplicación de la metodología, se determina que, de acuerdo con la cuantificación de microplásticos, la cantidad promedio en las 7 repeticiones para el PM-1 es de 218.1 Und/l, para el PM-2 la cantidad media de microplásticos presentes es de 298.3 Und/l, y para el PM – 3, la cantidad promedio de microplásticos es de 370.4 Und/l. Se concluye que hay un aumento en la cantidad de microplásticos en el PM-2 y PM-3 en comparación con el PM-1.

En cuanto a la caracterización morfológica de los microplásticos, según la forma se halló 4 de las 5 establecidas según el Sistema Estandarizado de Clasificación por tamaño y color. (SCS), las cuales son fragmento, fibra, películas y espumas. Para el PM-1 la forma predominante fue de tipo fibra (124 Und/l) el cual se presenta en R7 y en menor cantidad el de tipo película (26 Und/l) el cual se presenta en R1. En el PM-2 la forma predominante fue de tipo fibra (171 Und/l) el cual se presenta en R5 y en menor cantidad el de tipo espuma (2 Und/l) el cual se presenta en R1, R2 y R7. Para el PM-3 la forma predominante fue de tipo película (198 Und/l) el cual se presenta en R6 y en menor cantidad el de tipo espuma (2 Und/l) el cual se presenta en R4. Con respecto al tamaño de microplásticos se tiene que; el tamaño mínimo promedio es de (113.08 μm) el cual se presenta en el PM-3 de forma tipo fragmento y el mayor tamaño de microplásticos (1023.22 μm) se presenta en el PM – 1 de forma tipo fibra. Según el



color se halló translucido, rojo, negro, azul, verde, amarillo y celeste de los cuales predominó el color translúcido en PM-1, PM -2 y PM-3, en menor cantidad el color verde en PM-1.

Según la identidad polimérica de microplásticos analizados en el Espectroscopio por Transformada de Fourier de han identificado 5 tipos de polímeros Polietileno (PE) 35%, Poliamida/Nylon (PA) 19%, Polipropileno (PP) 32% y Policloruro de vinilo (PVC) 6%, polietileno de baja densidad (LDPE) 11% en un volumen total de 105L.

Respecto a los resultados obtenidos, se concluye que la descarga del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo no constituye la única fuente emisora de estos contaminantes en el entorno estudiado dado que el río Huatanay transporta cantidades considerables de microplásticos. Con esta afirmación, se destaca la importancia de abordar de manera efectiva la problemática de microplásticos en cuerpos de agua como es el caso del río Huatanay.



RECOMENDACIONES

La presente investigación servirá como punto de partida para abordar la contaminación por microplásticos en aguas residuales y contribuir a la protección de los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua.

- Basado en los hallazgos de este estudio, se recomienda que la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo considere la optimización de sus procesos de filtración y sedimentación. La implementación de tecnologías de filtración más avanzadas y la revisión de los procesos de sedimentación pueden aumentar la eficacia en la eliminación de microplásticos.

- Se sugiere que la Planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo establezca sistemas de monitoreo continuo para la detección y seguimiento de microplásticos en el efluente que aborden la dispersión y propagación de microplásticos en el cuerpo de agua receptor. Esto permitirá una respuesta más rápida ante picos de concentración y una evaluación constante de la eficacia de las medidas de control.

- Promover programas de educación y sensibilización sobre los riesgos asociados a los microplásticos y fomentar prácticas responsables de manejo de plásticos para reducir la entrada de estos contaminantes en el sistema.

- A partir de esta investigación, se recomienda realizar investigaciones adicionales sobre el comportamiento de microplásticos en el afluente y efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales, así como en los procesos de tratamiento, bajo los lineamientos de la Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda, Aprobar el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR. Esto podría incluir estudios de trazabilidad para identificar las fuentes de entrada y su impacto en el tratamiento.



- Se recomienda desarrollar trabajos de investigación que contemplen las diferentes estaciones, “época de avenida y estiaje”, al mismo tiempo realizar más repeticiones de muestras para tener una perspectiva más extensa y precisa de la presencia de microplásticos en aguas residuales.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeynayaka, A. (2022). *Microplásticos en Plantas de tratamiento de aguas residuales*. Ecuador: SCIENCEDIRECT.
- Aglada, S. (2020). *Detección y caracterización por tamaños de micro y nano plásticos en muestras de interés ambiental*. Zaragoza: Universidad Zaragoza.
- Aimplas. (2019). Clasificación e identificación de materiales plásticos. *AIMPLAS*.
- Alvarez., D. O. (30 de setiembre de 2021). *Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Aplicadas*. Obtenido de <https://humanidades.com/polimeros/#ixzz8Gz7Ne1TH>
- ANA. (11 de enero de 2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos*. Obtenido de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1475.pdf>
- Angélica, A. P. (2020). *Determinación de microplásticos en especies marinas del Parque Nacional Marino Las Baulas*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Arriaga et al, V. B. (2002). *Gestión del agua en la cuenca del río Huatanay y la concentración para el tratamiento de problemas ambientales*. Cusco: Proyecto HUATANAY.
- Bollain, P. C., & Vicente, A. D. (2020). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, 2.
- Calvo Et Al, G. (2009). *Aplicación de la tecnología de membranas en el tratamiento de algunos residuos líquidos altamente peligrosos*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Corporativo Quimico Global. (2023). *Sulfato ferroso heptahidratado, pentahidratado*.
- Cortez, 2., & Quinn, C. &. (2017). *Espectroscopia Infrarroja*. Jalisco: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño.
- Crawford & Quinn. (2017). *Determinación y Caracterización de Micro plásticos*. Cuenca: Universidad De Cuenca.



- Domingo, M. A. (2015). *Apuntes de los temas de termodinámica*. Obtenido de extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://oa.upm.es/38735/1/amd-apuntes-termodinamica-v3_0.pdf
- Flores et al., Y. A. (2021). *"Los Microplásticos en la costa Azul"*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.
- Flores, B. A. (2022). *Influencia de la gestión de aguas residuales de la ciudad del Cusco, en la calidad del río Huatanay, año 2022*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Foley et al. (1 de Agosto de 2018). *ScienceDirect*. Obtenido de Un metanálisis de los efectos de la exposición a microplásticos en peces e invertebrados acuáticos: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718307630?via%3Dihub>
- FOUNDATION, A. (23 de Noviembre de 2021). *AQUA FOUNDATION*. Obtenido de <https://acquaafoundation.com/>
- Fuentes, B. K., & Torres, R. C. (2019). *Eliminación de microplásticos en agua potable mediante musgo Sphagnum magellanicum en Puente Piedra y San Martín de Porres, 2019*. Lima: Universidad Cesas Vallejo.
- Fuentes, M. D. (2021). *Determinación De La Presencia De Microplásticos En El Agua Residual De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Media Luna, Provincia de Ilo – 2020*. Moquegua: Universidad Nacional de Moquegua.
- Galves Martinez, L. A. (2005). *Diagnóstico del funcionamiento actual de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas en el área*. San Salvador: Universidad de San Salvador.
- Glass, V., & Hopkins, D. (1984). *Statistical Methods in Educación and Psychology*. Mexico.



Gómez, F. P. (2018). *Diseño de Sistema de Regeneración de 1000 M3/D de Agua Residual Incluyendo Separación E Identificación de Micro plásticos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

(s.f.). *Grafico geográfico*. Municipalidad Distrital de Quellouno.

Gregorio, M. R. (2009). *Implicaciones ambientales de los desechos plásticos en entornos marinos: enredos, ingestión, asfixia, parásitos, autostop e invasiones extraterrestres*. The Royal Society.

Hernández Sampieri, R. F. (2010). *Metodología de la investigación*. MEXICO: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Huanaco, R. (2019). *Diagnostico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rímac*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Isabel, R. S. (2022). *Contaminación ambiental por disposición final de residuos sólidos y aguas residuales en la localidad de Lucre-Huacarpay Provincia de Quispicanchi - Region Cusco - 2018*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Lopez, L. P. (2004). *Población, muestra y muestreo*. Lima.

Manrique, M. R. (2019). *Microplásticos sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú Escuela de Posgrado.

Mendivil, R. R. (2002). *Gestión del agua en la cuenca del Rio Huatanay y la concertación para el tratamiento de problemas ambientales*. Cusco: Proyecto Huatanay.

MINAM. (2018). *Guia para la identificación y caracterización de impactos ambientales*. LIMA.

MINAM. (2018). *Guia para la identificación y caracterización de impactos ambientales*. Lima.

MINAM. (2020). *Página del ministerio del ambiente*. Obtenido de Microplasticos: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/que-son-los-microplasticos/>



- Mintenig, S. (2017). *Identificación de microplásticos en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales utilizando imágenes infrarrojas de micro-transformada de Fourier basadas en matriz de plano focal*. SCIENCEDIRECT.
- MUNICIPALIDAD DEL CUSCO. (2 de Agosto de 2020). *Página oficial Municipalidad del Cusco*. Obtenido de Municipalidad del Cusco invoca a la población evitar el uso de plásticos y envases de tecnopor.: <https://cusco.gob.pe/noticias/municipalidad-del-cusco-invoca-a-la-poblacion-evitar-el-uso-de-plasticos-y-envases-de-tecnopor/>
- NOAA. (15 de January de 2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*. Obtenido de https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/TM_NOS-ORR_30.pdf
- NOAA. (July de 2015). Obtenido de Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments: file:///C:/Users/HP/Downloads/noaa_microplastics_methods_manual.pdf
- ONU. (2020). *Plantas de tratamiento de aguas residuales: una fuente sorprendente de microplásticos*. *Plantas de tratamiento de aguas residuales: una fuente sorprendente de microplásticos*.
- PAM. (2022). *Tratamientos para la eliminación de microplásticos en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Urbanas: microfibras*. PAM SAINT GOBAIN.
- Parra, D. R. (2015). *Estudio sobre la aplicación de las técnicas de filtración por membrana a los sistemas de tratamientos de aguas residuales*. BOGOTÁ: Universidad La Gran Colombia.
- Perez, E. V. (2016). *pH Y 232 problemas*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.



- Raúl, H. H. (2019). *Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rimac*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Regueiro, J. A. (19 de Setiembre de 2019). *Microplásticos en el medio ambiente y su impacto en la cadena trófica*. Catalunya: Universidad Oberta de Catalunya.
- Revista de la Sociedad Química del Perú. (2016). *Optimización del proceso Fenton en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios*.
- Rios, V. D. (2017). “*Caracterización de los microplásticos e identificación de su origen, en el balneario Costa Azul, Ventanilla – Callao 2017*”. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Rodriguez, P. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posible riesgos para la salud pública por exposición. *revista Boliviana de Química*, vol. 37, núm. 3, pp. 160-175, 2020.
- Roldan., E. (14 de noviembre de 2022). *Impacto de microplásticos en la agricultura*. Obtenido de <https://www.osman.es/el-uso-de-plastico-en-la-agricultura-afecta-nuestra-salud-la-del-suelo-y-la-produccion-de-alimentos-debemos-buscar-soluciones-basadas-en-la-naturaleza/>
- Rosanela, A. (2022). *Contaminación por microplásticos*. Mexico: Revista de la academia mexicana de ciencias.
- Ruffell, H. C. (2019). *Wastewater treatment plants as a source of microplastics for the environment*. Canterbury, New Zealand: University of Canterbury.
- Ryan, P. G. (2009). *Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. The Royal Society.
- TECH, T. F. (2023). *the food tech*. Obtenido de [thefoodtech.com: https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/conoce-los-efectos-de-los-microplasticos-en-la-salud/](https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/conoce-los-efectos-de-los-microplasticos-en-la-salud/)



Velandia, C. J. (2017). *Identificación por espectroscopia infrarroja*. Bogota: ONTARE.

Velarde, M. L. (2020). *Efectos potenciales de los microplásticos en la salud humana*. España:

Universidad de Sevilla.



Tabla 36

Matriz de consistencia.

TEMA: " EVALUACIÓN DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - SAN JERÓNIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023."				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
¿Existe presencia de microplásticos en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023?	Evaluar la descarga del efluente de la planta de tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo para identificar la presencia de microplásticos, Cusco -2023.			
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS			
¿Cuál es la cantidad de microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023?	Determinar la cantidad de microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco – 2023.	La descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo cusco presenta microplásticos	Variable de Interés: X ₁ : Descarga de efluente	-Enfoque: Cuantitativo. -Nivel o alcance Descriptivo -Diseño de Investigación: No Experimental -Método: Hipotético-deductivo.
¿Qué características tienen los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023?	Caracterizar los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco – 2023.		Variable de Caracterización: X ₂ : Presencia de Microplásticos	
¿Cuál es la composición polimérica de los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco - 2023?	Determinar la composición polimérica de los microplásticos presentes en la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Jerónimo, Cusco – 2023.			



INTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Scanned with CamScanner

Punto de Muestreo		Descripción de la Observación		Registro fotográfico	
PM-01					
PM-02					
PM-03					



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]
Annie Miluska Aguilar Lopez
 Ing. QUBICO
 CIP N° 12620

[Handwritten signature]
DANTE VARGAS RODRIGUEZ
 CIP 81108



PUNTO DE MUESTREO		Descripción Origen/Ubicación	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altitud
						S	W	ms.n.m
PM-01						13°33'20"	71°51'51"	3251
PM-02						13°33'12"	71°51'49"	3255
PM-03						13°33'13"	71°51'45"	3262

REGISTRO DE DATOS N° 01

TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".

REALIZADO POR:
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.
Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.

Lugar: Planta de Tratamiento de Aguas residuales San Jerónimo

Fecha: _____ **Hora inicio:** _____
Hora final: _____



Annie Miluska Agullar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520

DANTE VAIZAS RODRIGUEZ
CIP 84108



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
"EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".		
Lugar de muestreo:		
Código punto de muestreo:		
Muestreado por:		
Tipo de muestreo:	Puntual ()	Compuesto ()
Volúmen:		
Fecha de muestreo:	Hora:	
preservada	SI ()	NO ()

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
"EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".		
Lugar de muestreo:		
Código punto de muestreo:		
Muestreado por:		
Tipo de muestreo:	Puntual ()	Compuesto ()
Volúmen:		
Fecha de muestreo:	Hora:	
preservada	SI ()	NO ()

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
"EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".		
Lugar de muestreo:		
Código punto de muestreo:		
Muestreado por:		
Tipo de muestreo:	Puntual ()	Compuesto ()
Volúmen:		
Fecha de muestreo:	Hora:	
preservada	SI ()	NO ()



[Handwritten signature]

CIP N° 132520
 ING. QUÍMICO
 Annle Miluska Aguilar López

[Handwritten signature]
 DANTE VARELA RODRIGUEZ
 CIP 81108



CS Scanned with CamScanner

PUNTO DE MUESTREO		IDENTIFICACION SI/NO	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD POR FORMA	CANTIDAD POR COLOR	OBSERVACION
PM-01						
PM-02						
PM-03						



[Signature]
Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520

[Signature]
DANTE VARGAS
DORIS GUEZ
CIP 81108



PUNTO DE MUESTREO		FORMA	SI/NO	COLOR	TAMAÑO POR FORMA				OBSERVACION
					Forma	Max.	Min.	Prom.	
PM-01	ESFERA								
	FRAGMENTO								
	FIBRA								
	PELICULA								
	ESPUMA								
PM-02	ESFERA								
	FRAGMENTO								
	FIBRA								
	PELICULA								
	ESPUMA								
PM-03	ESFERA								
	FRAGMENTO								
	FIBRA								
	PELICULA								
	ESPUMA								



FICHA DE MORFOLOGIA DE MICROPLASTICOS (FORMA, TAMAÑO Y COLOR)



TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".

REALIZADO POR:

- Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.
- Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusero.

EQUIPO UTILIZADO:

Estereoscopio trinocular MODELO premiere smz-05

FECHA: 28/08/2023

MUESTRA



Annie Miluska Aguilera
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520

DANTE VAZQUEZ RODRIGUEZ
QP 81108



FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE LA COMPOSICION POLIMÉRICA DE MICROPLÁSTICOS			
<p>TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".</p>			
REALIZADO POR:		EQUIPO UTILIZADO:	
<p>- Bach. Sequeiros Arcos, Ivette. - Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.</p>		<p>Espectrofotómetro de transformada de Fourier MODELO - NICOLET 380 FT-IR</p>	
FECHA:			
PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	IDENTIFICACIÓN DE POLIMERO	OBSERVACION
PM-01	Muestra		
	Replica 1		
	Replica 2		
	Replica 3		
	Replica 4		
	Replica 5		
PM-02	Muestra		
	Replica 1		
	Replica 2		
	Replica 3		
	Replica 4		
	Replica 5		
PM-03	Muestra		
	Replica 1		
	Replica 2		
	Replica 3		
	Replica 4		
	Replica 5		

UNIVERSIDAD ANDINA
Cusco
[Signature]






REGIONAL CUSCO
[Signature]
Ing. Amanda Olarte

[Signature]
DANTE VARGA
RODRIGUEZ
CIP 81108

[Signature]
Ange Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUIMICO
CIP N° 132520



VALIDACION DE FICHA DE DATOS

 BITACORA DE OBERVACION N° 01 		
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"		
Realizado por:		
Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco		
Bach. Sequeros Arcos, Ivette.		
Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.		
Coordenadas: Fecha: 28/08/2023		
Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm		
Punto de Muestreo	Descripción de la Observación	Registro fotográfico
PM-01	Esta estación de muestreo se encuentra a la salida de la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales San Jerónimo, la cual desemboca al río Huatanay, se presenció que el caudal se mantuvo constante, con una ligera turbidez en sus aguas, así mismo la emisión de olores fue notable, esta zona de muestreo se caracteriza por la presencia de vegetación ribereña.	
PM-02	Esta estación de muestreo de encuentra a 150 m de la descarga del efluente de la PTAR San Jerónimo, en este punto las aguas del río Huatanay y de la descarga de efluente se juntan para seguir su cauce, se observó un caudal constante y una turbidez considerable. También se observó que el cauce tenía una capa espumosa producto de la caída de la descarga del efluente.	
PM-03	Esta estación de muestreo de encuentra a 300 m de la descarga del efluente de la PTAR San Jerónimo, se observó una turbidez más alta con caudal lento pero constante, la emisión de olores también es notable, se observó presencia de ganado vacuno. En este punto las aguas siguen su cauce para su posterior uso.	








Handwritten signatures and names:
 DANTE VARGAS
 CIPRIOS

Annie Mituska Aguilera Esp
 Ing. QUIMICO
 CIP N° 132526



CS Scanned with CamScanner

 BITACORA DE OBERVACION N° 02 		
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"		
Realizado por:		
Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco		
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.		
Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.		
Coordenadas:		
Fecha: 29/08/2023		
Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm		
Punto de Muestreo	Descripción de la Observación	Registro fotográfico
PM-01	El segundo día de muestreo se presenció que el caudal se mantuvo constante en el canal Parshall, con una ligera turbidez en sus aguas, así mismo la emisión de olores fue notable.	
PM-02	En el segundo día de muestreo, el PM-02 se observó un caudal constante y una turbidez considerable. También se observó que el cauce tenía una capa espumosa producto de la caída de la descarga del efluente, con una emisión de olores considerables.	
PM-03	En el segundo día se observó una turbidez más alta con caudal lento pero constante, la emisión de olores también es notable, y se observó la presencia de aves.	



Handwritten signature

Handwritten signature
 Annie Miroshko Aguilar Lopez
 Ing QUIMICO
 CIP N° 132320

Handwritten signature
 DANIE VADGA
 RODRIGUEZ
 CIP 81108



CS Scanned with CamScanner

BITACORA DE OBERVACION N° 03		
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"		
Realizado por:		Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.		Coordenadas: Fecha: 30/08/2023 Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm
Bach. Tapia Coa, Edith Lusero.		
Punto de Muestreo	Descripción de la Observación	Registro fotográfico
PM-01	En el tercer día de muestreo se evidenció que el caudal se mantuvo constante en el canal Parshall, con una turbidez considerable en sus aguas, así mismo la emisión de olores descendió.	
PM-02	En el tercer día de muestreo, en el PM-02 se evidenció un caudal ligeramente acelerado con una turbidez considerable y una disminución de olores una capa espumosa producto de la caída de la descarga del efluente	
PM-03	En el tercer día de muestreo se observó una turbidez considerable con un caudal ligeramente acelerado, así mismo se evidenció la presencia de aves y la emisión de olor fue notable.	








ANITA VARGAS RODRIGUEZ
 CIP 81108

 Annie Miluska Aguilar Lopez
 Ing. QUIMICO
 CIP N° 132520



Scanned with CamScanner

 BITACORA DE OBERVACION N° 04 		
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"		
Realizado por:		
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.		
Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.		
Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco		
Coordenadas:		
Fecha: 31/08/2023		
Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm		
Punto de Muestreo	Descripción de la Observación	Registro fotográfico
PM-01	En el cuarto día de muestreo se evidenció que el caudal se mantuvo constante en el canal Parshall, con una turbidez considerable en sus aguas, así mismo la emisión de olores descendió.	
PM-02	En el cuarto día de muestreo, se pudo observar un caudal constante, se evidenció una capa espumosa producto de la caída de la descarga del efluente, una turbidez considerable en sus aguas y la emisión de olores descendió.	
PM-03	En el cuarto día de muestreo en PM-03 se evidenció la presencia de aves en el cauce del río, así mismo el caudal estuvo constante con una turbidez considerable y emisión de olor notable.	








Edith Lusceró

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520

DAUTE VARGAS RODRIGUEZ
CIP 81108



Scanned with CamScanner

 BITACORA DE OBERVACION N° 05 		
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"		
Realizado por:		
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.		
Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.		
Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco		
Coordenadas:		
Fecha: 01/09/2023		
Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm		
Punto de Muestreo	Descripción de la Observación	Registro fotográfico
PM-01	En el quinto día de muestreo se evidenció que el caudal se mantuvo constante en el canal Parshall, con una turbidez considerable en sus aguas, así mismo la emisión de olores fue notable.	
PM-02	En el quinto día de muestreo se observó un caudal ligeramente acelerado, con una turbidez considerable, las emisiones de olores fueron notables y se evidenció una capa espumosa producto de la caída de la descarga del efluente.	
PM-03	En el quinto día de muestreo se observó una turbidez mayor, así mismo el caudal estuvo constante y lento, se evidenció presencia de ganado vacuno y aves, la emisión de olores fue notable.	








[Handwritten signature]

[Handwritten signature]
 Annie Milloska Aguilera Lopez
 Ing. QUÍMICO
 CIP N° 132520

[Handwritten signature]
 DANTE VARGAS RODRIGUEZ
 CIP 81103



Scanned with CamScanner

 BITACORA DE OBERVACION N° 06 		
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"		
Realizado por:		
Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco		
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.		
Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.		
Coordenadas:		
Fecha: 02/09/2023		
Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm		
Punto de Muestreo	Descripción de la Observación	Registro fotográfico
PM-01	En el sexto día de muestreo el PM-01 presentó una caudal constante en el canal Parshall, con una turbidez considerable y emisiones de olor notable.	
PM-02	En el sexto día de muestreo el cauce presentó una capa espumosa producto de la caída de la descarga del efluente, una turbidez considerable, caudal constante y ligeramente acelerado, se evidenció olores notables y desagradables.	
PM-03	En el sexto día de muestreo el PM-03 se observó un caudal constante, con una turbidez mayor, se observó presencia de aves y emisión de olores notables.	



Handwritten signature

Handwritten signature
Annie Miluska Aguilar Lopez
 Ing. QUIMICO
 CIP N° 132520

Handwritten signature
DANTE VARGAS RODRIGUEZ
 CP 8108



CS Scanned with CamScanner

BITACORA DE OBERVACION N° 07		
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"		
Realizado por: Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco		
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette. Coordenadas: Fecha: 03/09/2023 Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró. Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm		
Punto de Muestreo	Descripción de la Observación	Registro fotográfico
PM-01	En el sétimo día de muestreo el PM-01 presentó una caudal constante en el canal Parshall, con una turbidez considerable y emisiones de olor notable.	
PM-02	En el sétimo día de muestreo el cauce presentó una capa espumosa producto de la caída de la descarga del efluente, una turbidez considerable, caudal constante y ligeramente acelerado.	
PM-03	En el sétimo día de muestreo se observó una turbidez más alta con caudal lento pero constante, la emisión de olores también es notable, se observó presencia de ganado vacuno. En este punto las aguas siguen su cauce para su posterior uso.	



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]
 Annie Maliska Aguilar Lopez
 Ing. QUÍMICO
 CIP N° 12520

[Handwritten signature]
 DANTE VARGAS RODRIGUEZ
 CP 81103



PUNTO DE MUESTREO		IDENTIFICACION SI/NO	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD POR FORMA	CANTIDAD POR COLOR	OBSERVACION	
PM-01	SI	219 und	Fragment.	121	Translucid	101	—
			Fibra	72	Rojo	71	—
			Película	26	Negro	12	—
			—	—	Amarillo	35	—
			—	—	—	—	—
PM-02	SI	329 und	Fragmento	146	Translucid	106	—
			Fibra	115	Azul	98	—
			Película	98	Rojo	39	—
			Espuma	3	Amarillo	86	—
			—	—	—	—	—
PM-03	SI	352 und	Fragmento	119	Translucido	146	—
			Fibra	102	Celeste	21	—
			Película	98	Negro	69	—
			Espuma	3	Rojo	88	—
			—	—	Verde	28	—

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUMICO
CIP Nº 137520

LABORATORIO QUÍMICO

COLEGIO NACIONAL DE QUÍMICOS

DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CIP 81108



PUNTO DE MUESTREO		IDENTIFICACION SI/NO	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD POR FORMA	CANTIDAD POR COLOR	OBSERVACION	
PM-01	Si	247 und	Fragment	107	Translucido	113	—
			Fibra	82	negro	51	—
			Película	58	Rojo	42	—
			—	—	amarillo	11	—
			—	—	—	—	—
PM-02	Si	320 und.	Fragment	146	translucido	118	—
			fibra	59	azul	119	—
			Película	113	negro	29	—
			espuma	2	Verde	21	—
			—	—	Amarillo	33	—
PM-03	Si	335 und	Fragment	175	translucido	169	—
			fibia	36	negro	36	—
			Película	124	Rojo	51	—
			—	—	Celeste	59	—
			—	—	Amarillo	21	—



[Handwritten signature]



[Handwritten signature]
Amanda Olayte Perez
C.O.F. 855

[Handwritten signature]
Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUIMICO
CIP N° 132520

[Handwritten signature]
DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CP 81108



Scanned with CamScanner

PUNTO DE MUESTREO		IDENTIFICACION SI/NO	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD POR FORMA		CANTIDAD POR COLOR		OBSERVACION
PM-01	Si	223 und	Fragment	102	Translucido	116	—	—
			Fibra	86	Azul	14	—	—
			Película	35	Rojo	21	—	—
			—	—	—	—	—	—
			—	—	—	—	—	—
PM-02	Si	301 und	Fragment	144	Translucido	116	—	—
			Fibra	65	Azul	46	—	—
			Película	92	Negro	25	—	—
			—	—	Rojo	85	—	—
			—	—	Amarillo	29	—	—
PM-03	Si	386 und	Fragment	124	Translucido	163	—	—
			Fibra	98	Azul	87	—	—
			Película	159	Negro	49	—	—
			espuma	5	Rojo	51	—	—
			—	—	Amarillo	36	—	—

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUIMICO
CIP N° 132520



Amanda Olarte Perez
C.O.P. 655

Dante Vargas Rodriguez
CIP 8168



CS Scanned with CamScanner

PUNTO DE MUESTREO		IDENTIFICACION SI/NO	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD POR FORMA	CANTIDAD POR COLOR	OBSERVACION
PM-01	SI	225 und	Fragment	59	Translucido	113
			Fibra	94	Azul	73
			Delicula	72	Rojo	35
			-	-	Verde	4
			-	-	-	-
PM-02	SI	282 und	Fragmento	60	Translucido	119
			Fibra	109	Azul	41
			Delicula	113	Rojo	83
			-	-	Amarillo	39
			-	-	-	-
PM-03	SI	393 und	Fragmento	142	Translucido	141
			Fibra	128	Azul	87
			Delicula	121	negro	29
			Espona	2	Rojo	87
			-	-	Amarillo	39

Annie Mhuska Aguilar Lopez
Ing. QUIMICO
CIP N° 132520



Amanda Olarte Perez
C.Q.P. 855

DANTE VARGÁS RODRIGUEZ
CIP 81108



PUNTO DE MUESTREO		IDENTIFICACION SI/NO	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD POR FORMA	CANTIDAD POR COLOR	OBSERVACION	
PM-01	SI	195 und.	Fragment	66	Translucido	106	—
			Fibra	92	azul	36	—
			Película	39	negro	19	—
			—	—	Rojo	27	—
			—	—	Verde	7	—
PM-02	SI	309 und.	Fragment	68	Translucido	123	—
			Fibra	171	azul	49	—
			Película	76	negro	39	—
			—	—	Rojo	82	—
			—	—	Amarillo	16	—
PM-03	SI	336 und.	Fragment	123	Translucido	118	—
			Fibra	82	negro	35	—
			Película	128	Rojo	91	—
			Espuma	3	Verde	49	—
			—	—	Amarillo	43	—

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ingeniero QUIMICO
CIP Nº 132520



Amanda Marte Perez
Ingeniera Amanda Marte Perez
CIP 855

Ante Vardas Rodriguez
Ante VARDAS RODRIGUEZ
CIP 81108



PUNTO DE MUESTREO		IDENTIFICACION SI/NO	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD POR FORMA	CANTIDAD POR COLOR	OBSERVACION
PM-01	SI	184 und.	Fragmento	52	Translucido	78
			Fibra	83	azul	49
			Película	49	negro	39
			-	-	amarillo	18
			-	-	-	-
PM-02	SI	272 und.	Fragmento	104	Translucido	116
			Fibra	42	negro	39
			Película	125	Rojo	91
			espuma	1	Verde	26
			-	-	-	-
PM-03	SI	434 und.	Fragmento	111	Translucido	171
			Fibra	96	azul	19
			Película	198	negro	79
			espuma	7	Rojo	96
			-	-	Verde	47

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUIMICO
CIP N° 132520



Amanda Olarte Perez
C.G.P. 655

DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CIP 81108



PUNTO DE MUESTREO		IDENTIFICACION SI/NO	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD POR FORMA	CANTIDAD POR COLOR	OBSERVACION	
PM-01	SI	234 und.	Fragmento	79	Translucida	68	—
			Fibra	124	Azul	29	—
			Película	31	Rosa	123	—
			—	—	Verde	12	—
			—	—	—	—	—
PM-02	SI	275 und.	Fragmento	134	Translucida	106	—
			Fibra	96	Rosa	119	—
			Película	43	Verde	29	—
			espuma	2	Amarillo	21	—
			—	—	—	—	—
PM-03	SI	379 und.	Fragmento	127	Translucida	93	—
			Fibra	94	Celeste	109	—
			Película	152	Negro	61	—
			espuma	6	Rosa	72	—
			—	—	Verde	42	—

Anne Matuska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520



Amando Olarte Perez
C.I.P. 855

DANTE VARGAS-RODRIGUEZ
CIP 81108

CS Scanned with CamScanner



FICHA DE MORFOLOGIA DE MICROPLASTICOS (FORMA, TAMAÑO Y COLOR)								
TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".								
REALIZADO POR:				EQUIPO UTILIZADO:				
- Bach. Sequeiros Arcos, Ivette. - Bach. Tapia Ccoa, Edith Luscerro.				Estereoscopio trinocular MODELO premiere smz-05				
FECHA: 28/08/2023				MUESTRA				
PUNTO DE MUESTREO	FORMA	SI/NO	COLOR	TAMAÑO POR FORMA			OBSERVACION	
				Forma	Max.	Min.		Prom.
PM-01	ESFERA	NO	Translucida	Fragmento	115.24	108.35	111.8	—
	FRAGMENTO	SI	Rojo	Fibra	1025.15	1019.24	1022.21	—
	FIBRA	SI	Negro	Película	435.98	428.12	431.88	—
	PELICULA	SI	Amorillo	—	—	—	—	—
	ESPUMA	NO	—	—	—	—	—	—
PM-02	ESFERA	NO	Translucida	Fragmento	110.38	108.19	109.29	—
	FRAGMENTO	SI	Azul	Fibra	1029.22	1023.22	1026.22	—
	FIBRA	SI	Rojo	Película	447.26	441.18	444.22	—
	PELICULA	SI	Amorillo	ESPUMA	212.43	210.1	211.27	—
	ESPUMA	NO	—	—	—	—	—	—
PM-03	ESFERA	NO	Translucida	Fragmento	117.16	115.12	116.14	—
	FRAGMENTO	SI	Negro	Fibra	1027.33	1023.15	1027.33	—
	FIBRA	SI	Rojo	Película	439.47	431.11	435.29	—
	PELICULA	SI	Verde	ESPUMA	213.71	211.41	212.56	—
	ESPUMA	SI	Celeste	—	—	—	—	—

Annie Miluska Aguilar Lopez
 Annie Miluska Aguilar Lopez
 Ing. QUIMICO
 CIP N° 132520



Annie Miluska Aguilar Lopez



Amanda Charre Perez
 Amanda Charre Perez
 C.Q.P. 853

Dante Vargas Rodriguez
 DANTE VARGAS RODRIGUEZ
 CIP 81103



FICHA DE MORFOLOGIA DE MICROPLASTICOS (FORMA, TAMAÑO Y COLOR)								
TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".								
REALIZADO POR:				EQUIPO UTILIZADO:				
- Bach. Sequeiros Arcos, Ivette. - Bach. Tapia Ccoa, Edith Luscerro.				Estereoscopio trinocular MODELO premiere smz-05				
FECHA: 29/08/2023		REPLICA 1						
PUNTO DE MUESTREO	FORMA	SI/NO	COLOR	TAMAÑO POR FORMA				OBSERVACION
				Forma	Max.	Min.	Prom.	
PM-01	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	117.42	109.36	113.39	—
	FRAGMENTO	SI	negro	Fibra	1023.43	1018.39	1020.91	—
	FIBRA	SI	Rojo	Película	437.56	433.46	435.51	—
	PELICULA	SI	Amarillo	—	—	—	—	—
	ESPUMA	NO	—	—	—	—	—	—
PM-02	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	116.24	109.32	112.78	—
	FRAGMENTO	SI	Azul	fibra	1028.16	1021.13	1024.65	—
	FIBRA	SI	negro	Película	438.57	432.36	435.47	—
	PELICULA	SI	Verde	espuma	216	214.5	215.15	—
	ESPUMA	SI	Amarillo	—	—	—	—	—
PM-03	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	114.38	109.26	111.82	—
	FRAGMENTO	SI	negro	fibra	1018.26	1012.18	1015.22	—
	FIBRA	SI	Rojo	Película	423.49	418.42	420.96	—
	PELICULA	SI	Celeste	—	—	—	—	—
	ESPUMA	NO	Amarillo	—	—	—	—	—

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIF N° 132520



Amanda Olarte Perez
CIP 655

DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CIP 81108



FICHA DE MORFOLOGIA DE MICROPLASTICOS (FORMA, TAMAÑO Y COLOR)								
TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".								
REALIZADO POR:				EQUIPO UTILIZADO:				
- Bach. Sequeiros Arcos, Ivette. - Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.				Estereoscopio trinocular MODELO premiere smz-05				
FECHA: 30/08/2023				REPLICA 2				
PUNTO DE MUESTREO	FORMA	SI/NO	COLOR	TAMAÑO POR FORMA			OBSERVACION	
				Forma	Max.	Min.		Prom.
PM-01	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	115.18	108.26	111.72	—
	FRAGMENTO	SI	Azul	fibra	1029.13	1022.15	1025.64	—
	FIBRA	SI	Rojo	Película	432.53	427.49	430.01	—
	PELICULA	SI	—	—	—	—	—	—
	ESPUMA	NO	—	—	—	—	—	—
PM-02	ESFERA	NO	Translucido	fragment	118.28	111.36	114.82	—
	FRAGMENTO	SI	Azul	fibra	1023.42	1018.17	1020.8	—
	FIBRA	SI	negro	Película	436.49	432.29	434.39	—
	PELICULA	SI	Ros	—	—	—	—	—
	ESPUMA	NO	amarillo	—	—	—	—	—
PM-03	ESFERA	NO	Translucido	Fragmente	112.46	108.38	110.42	—
	FRAGMENTO	SI	Azul	fibra	1028.29	1023.22	1025.76	—
	FIBRA	SI	negro	Película	439.36	436.15	437.76	—
	PELICULA	SI	Rojo	espuma	213.4	212.46	212.93	—
	ESPUMA	SI	amarillo	—	—	—	—	—

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520



Mauricio



Amanda Clara Perez
CIP 855

DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CIP 1108



PUNTO DE MUESTREO		FORMA	SI/NO	COLOR	TAMAÑO POR FORMA				OBSERVACION
					Forma	Max.	Min.	Prom.	
PM-01	ESFERA	NO	Translucid	Fragmento	119.25	112.35	115.8	—	
	FRAGMENTO	SI	Azul	fibra	1023.15	1017.24	1020.25	—	
	FIBRA	SI	Rojo	película	441.43	436.25	438.84	—	
	PELICULA	SI	Verde	—	—	—	—	—	
	ESPUMA	NO	—	—	—	—	—	—	
PM-02	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	115.33	109.26	112.3	—	
	FRAGMENTO	SI	Azul	Fibra	1025.17	1017.42	1021.3	—	
	FIBRA	SI	Rojo	Delicula	433.38	426.18	429.78	—	
	PELICULA	SI	Amarillo	—	—	—	—	—	
	ESPUMA	NO	—	—	—	—	—	—	
PM-03	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	115.45	108.38	111.92	—	
	FRAGMENTO	SI	Azul	Fibra	1023.42	1015.36	1019.39	—	
	FIBRA	SI	negro	Película	424.16	423.45	423.81	—	
	PELICULA	SI	Rojo	espuma	211.75	211.21	211.48	—	
	ESPUMA	SI	Amarillo	—	—	—	—	—	

Annie Mitaska Aguilar Lopez
LABORATORIO QUIMICO



Amalinda Olarte Perez
C.I.P. 655

DANTE VARGHA RODRIGUEZ
CIP 81108



PUNTO DE MUESTREO		FORMA	SI/NO	COLOR	TAMAÑO POR FORMA				OBSERVACION
					Forma	Max.	Min.	Prom.	
PM-01	ESFERA	NO	translucido	Fragmento	118.35	112.57	115.46	---	
	FRAGMENTO	SI	Azul	Fibra	1029.49	1022.16	1025.83	---	
	FIBRA	SI	Ros	Película	436.52	430.37	433.45	---	
	PELICULA	SI	negro	---	---	---	---	---	
	ESPUMA	NO	Verde	---	---	---	---	---	
PM-02	ESFERA	NO	translucido	Fragmento	116.43	111.56	114	---	
	FRAGMENTO	SI	Azul	Fibra	1024.29	1022.31	1025.82	---	
	FIBRA	SI	Ros	Película	435.53	428.59	432.56	---	
	PELICULA	SI	negro	---	---	---	---	---	
	ESPUMA	NO	Amarillo	---	---	---	---	---	
PM-03	ESFERA	NO	translucido	Fragmento	119.57	112.45	116.01	---	
	FRAGMENTO	SI	negro	Fibra	1026.15	1021.53	1023.84	---	
	FIBRA	SI	Ros	Película	437.45	433.13	435.29	---	
	PELICULA	SI	Verde	espuma	214.75	213.8	214.28	---	
	ESPUMA	SI	Amarillo	---	---	---	---	---	

Anne Miluska Aguilar Lopez
Ingeniero Químico



Amador Flores
CQP 855

DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CIP 81108



FICHA DE MORFOLOGIA DE MICROPLASTICOS (FORMA, TAMAÑO Y COLOR)								
TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".								
REALIZADO POR:				EQUIPO UTILIZADO:				
- Bach. Sequeiros Arcos, Ivette. - Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusero.				Estereoscopio trinocular MODELO premiere smz-05				
FECHA: 02/09/2023		REPLICA 5						
PUNTO DE MUESTREO	FORMA	SI/NO	COLOR	TAMAÑO POR FORMA				OBSERVACION
				Forma	Max.	Min.	Prom.	
PM-01	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	115.25	108.54	111.9	—
	FRAGMENTO	SI	Azul	Fibra	1027.95	1020.43	1023.89	—
	FIBRA	SI	negro	Película	439.58	421.18	435.38	—
	PELICULA	SI	Amarillo	—	—	—	—	—
	ESPUMA	NO	—	—	—	—	—	—
PM-02	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	117.45	111.13	114.29	—
	FRAGMENTO	SI	negro	Fibra	1026.59	1018.25	1022.42	—
	FIBRA	SI	Rojo	Película	433.49	426.23	429.86	—
	PELICULA	SI	Verde	ESPUMA	213.2	211.7	212.45	—
	ESPUMA	SI	—	—	—	—	—	—
PM-03	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	113.36	105.17	109.37	—
	FRAGMENTO	SI	Azul	Fibra	1026.49	1019.26	1022.85	—
	FIBRA	SI	negro	Película	432.16	424.48	428.32	—
	PELICULA	SI	Rojo	—	213.8	211.65	212.73	—
	ESPUMA	SI	Verde	—	—	—	—	—

Annie Mihuska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520



DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CIP 81108



FICHA DE MORFOLOGIA DE MICROPLASTICOS (FORMA, TAMAÑO Y COLOR)								
TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".								
REALIZADO POR:					EQUIPO UTILIZADO:			
- Bach. Sequeiros Arcos, Ivette. - Bach. Tapia Ccoa, Edith Luscerro.					Estereoscopio trinocular MODELO premiere smz-05			
FECHA: 03/09/2023			REPLICA 6					
PUNTO DE MUESTREO	FORMA	SI/NO	COLOR	TAMAÑO POR FORMA				OBSERVACION
				Forma	Max.	Min.	Prom.	
PM-01	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	115.58	103.29	111.44	—
	FRAGMENTO	SI	Azul	Fibra	1026.25	1021.34	1023.8	—
	FIBRA	SI	Rojo	Película	432.12	424.37	428.25	—
	PELICULA	SI	Verde	—	—	—	—	—
	ESPUMA	NO	—	—	—	—	—	—
PM-02	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	117.33	112.24	114.79	—
	FRAGMENTO	SI	Ros	Fibra	1019.12	1013.36	1016.34	—
	FIBRA	SI	Verde	Película	438.24	430.18	434.21	—
	PELICULA	SI	Amarillo	espuma	211.5	210.5	211	—
	ESPUMA	SI	—	—	—	—	—	—
PM-03	ESFERA	NO	Translucido	Fragmento	118.24	113.53	115.89	—
	FRAGMENTO	SI	Celeste	Fibra	1024.38	1018.39	1021.59	—
	FIBRA	SI	negro	Película	436.16	430.57	433.37	—
	PELICULA	SI	Rojo	espuma	209.7	209.2	209.45	—
	ESPUMA	SI	Verde	—	—	—	—	—

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QULMICO
CIP N° 132520



DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CIP 81103



FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE LA COMPOSICION POLIMÉRICA DE MICROPLÁSTICOS			
TESIS: "EVALUACION DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023".			
REALIZADO POR:		EQUIPO UTILIZADO:	
- Bach. Sequeiros Arcos, Ivette. - Bach. Tapia Ccoa, Edith Luscerio.		Espectrofotómetro de transformada de Fourier MODELO - NICOLET 380 FT-IR	
FECHA: 18-09-2023			
PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	IDENTIFICACIÓN DE POLIMERO	OBSERVACION
PM-01	Muestra	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida	—
	Replica 1	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida	—
	Replica 2	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida	—
	Replica 3	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida	—
	Replica 4	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida	—
	Replica 5	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida	—
	Replica 6	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida	—
PM-02	Muestra	Poli propileno, Poliamida, Polietileno	—
	Replica 1	Poli propileno, Poliamida, Polietileno	—
	Replica 2	Poli propileno, Poliamida, Polietileno	—
	Replica 3	Poli propileno, Poliamida, Polietileno	—
	Replica 4	Poli propileno, Poliamida, Polietileno	—
	Replica 5	Poli propileno, Poliamida, Polietileno	—
	Replica 6	Poli propileno, Poliamida, Polietileno	—
PM-03	Muestra	Poli etileno, poli propileno, Poliamida, PVC	—
	Replica 1	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida, PVC	—
	Replica 2	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida, PVC	—
	Replica 3	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida, PVC	—
	Replica 4	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida, PVC	—
	Replica 5	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida, PVC	—
	Replica 6	Poli etileno, Poli propileno, Poliamida, PVC	—



DANTE VARGA
RODRIGUEZ
CIP 81108

Ange Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520



CS Scanned with CamScanner

 HOJA DE CALCULO N° 02 	
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"	
Realizado por:	Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.	Fecha: 25/09/2023
Bach. Tapia Ccoa, Edith Lusceró.	Coordenadas:
Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm	
PREPARACION DE REACTIVO FENTON	
OBJETIVO: Realizar la digestión oxidativa de la MO.	
CALCULO:	
1. Se calcula $7 \text{ gr FeSO}_4 + 0.5 \text{ ml H}_2\text{SO}_4 \rightarrow + \text{ agua destilada}$ = 50 ml de reactivo fenton	
MATERIALES:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ácido Sulfúrico H₂SO₄ concentrado ✓ Sulfato Ferroso Heptahidratado FeSO₄ ✓ Pipetas ✓ Fiola ✓ Agua destilada ✓ Vasos precipitados ✓ Campana extractora 	
  	
PROCEDIMIENTO:	
se mezclan 7 gramos de Sulfato Ferroso Heptahidratado en un matraz aforado de 50ml con agua destilada y se le agrega 0.5ml de ácido sulfúrico concentrado. El ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ se agrega cuidadosamente sobre el agua, y no al revés, para evitar alguna reacción violenta. Se trasvasa la solución diluida de sulfato de hierro a una fiola de 50 ml y se procede a agitar hasta lograr su color característico para luego pasarlo a un frasco hasta su posterior uso.	


Annte Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUIMICO
CIP N° 132520








Annte Amanda Olarte Perez
C.Q.P. 855


DANTE VARGAS RODRIGUEZ
CIA 81108



CS Scanned with CamScanner

HOJA DE CALCULO N° 01	
TESIS: "Evaluación de la descarga de efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - San Jerónimo para identificar la presencia de Microplástico, Cusco 2023"	
Realizado por:	Lugar: Zona de descarga del efluente de la PTAR - San Jerónimo Cusco
Bach. Sequeiros Arcos, Ivette.	Fecha: 25/09/2023
Bach. Tapia Ccoa, Edith Luscerio.	Coordenadas:
	Hora inicio: 10:00 am Hora Final: 13:00 pm
PREPARACION DE CLORURO DE SODIO	
OBJETIVO: Realizar la separación por densidad de los microplásticos.	
CALCULO:	
1. Se calcula el 40% de 100 → $0.4 \times 100 = 40$ (en gramos)	
$\frac{40}{100} = 0.4$	
MATERIALES:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ NaCl ✓ Agua destilada ✓ Vasos precipitados ✓ Agitador magnético 	
PROCEDIMIENTO:	
Se procede a pesar 40 gr de cloruro de sodio el cual será disuelto con agua destilada hasta llegar a los 100 ml, para facilitar la homogenización será llevado al agitador magnético para posteriormente ser envasado hasta su uso.	

Anfe Miluska Aguilar Lopez
Ing QUIMICO
CIP N° 132520



Olim. Amanda Olarte Perez
C.O.P. 638

DANTE VARGAS RENDICOMEZ
CIP 81108

ANEXOS

REGISTRO FOTOGRAFICO

Tesis: “Evaluación de la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales – San Jerónimo para identificar la presencia de microplásticos, Cusco 2023”.

Realizado por: Bach: Sequeiros arcos Ivette.
Bach: Tapia Ccoa Edith Lusceru.

TOMA DE MUESTRAS



Proceso de recojo de muestras.



Recojo de muestras para llenar los recipientes.



Tamizado del agua residual antes de llenar el recipiente de vidrio, para minimizar microorganismos presentes en el agua.



Llenado del recipiente de muestra y rotulado respectivamente.

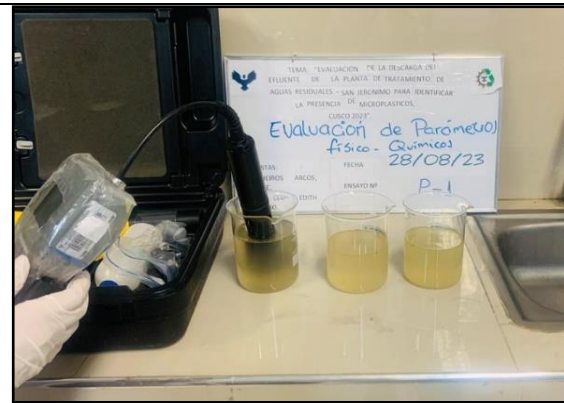


Muestras listas para ser llevadas a laboratorio.

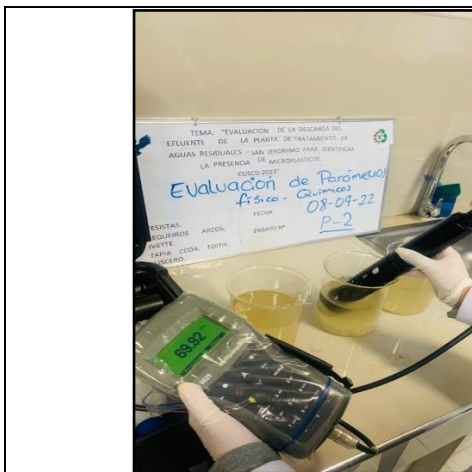
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS



Preparación del Mulparámetro antes de iniciar el análisis.



Muestras de los tres puntos colocadas en vasos precipitados para su análisis, empezando por el punto de muestreo 1.





Análisis de la muestra del punto de muestreo 2

Análisis de la muestra del punto de muestreo 3.

PROCESO DE FILTRADO DE MUESTRAS



Preparación de las 3 muestras para empezar el proceso de filtrado.



Inicio del proceso de filtrado a través de la bomba de vacío



Obtención del sedimento luego del proceso de filtrado



MUESTRAS FILTRADAS





Obtención de sedimentos de las 21 muestras filtradas

Muestras listas y rotuladas respectivamente para iniciar el proceso de aislamiento de microplásticos

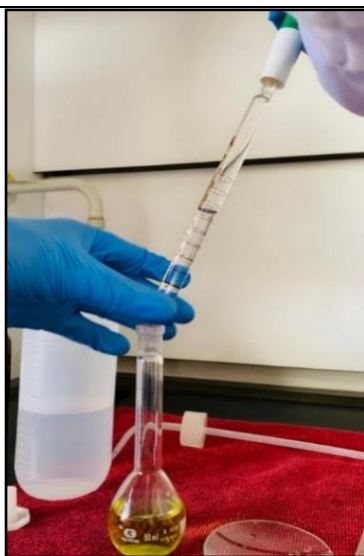
PREPARACION DE REACTIVOS

Preparación de NaCl al 40% de concentración



Matraz Erlenmeyer con NaCl y agua destilada, la cual pasa a un agitador magnético para su correcta homogenización.

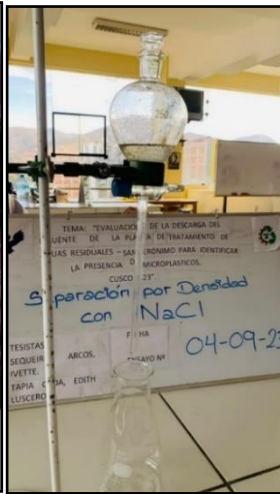
Inicio de la preparación de reactivo Fenton la cual se realiza dentro de la campana extractora.



. Obtención de reactivo Fenton listo para iniciar con el siguiente proceso.



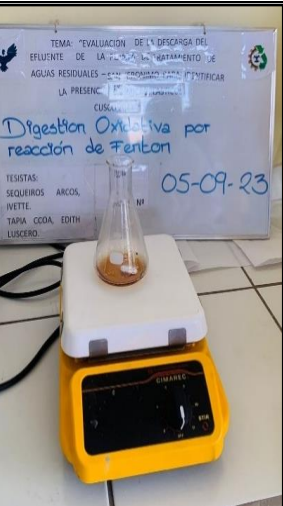
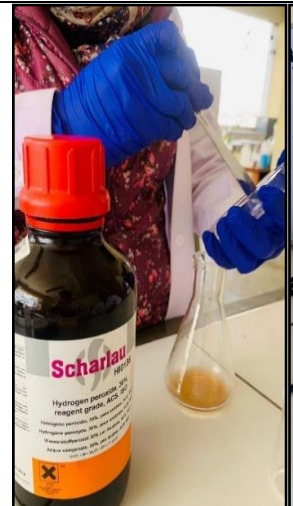
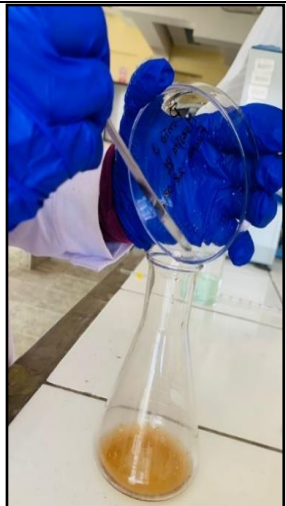
SEPARACION POR DENSIDAD



Lavado de las placas con la solución de NaCl para pasarlas a una pera de decantación.

Separación de la materia orgánica de la inorgánica por densidad.

PROCESO DE DIGESTIÓN OXIDATIVA MEDIANTE FENTON Y H₂O₂



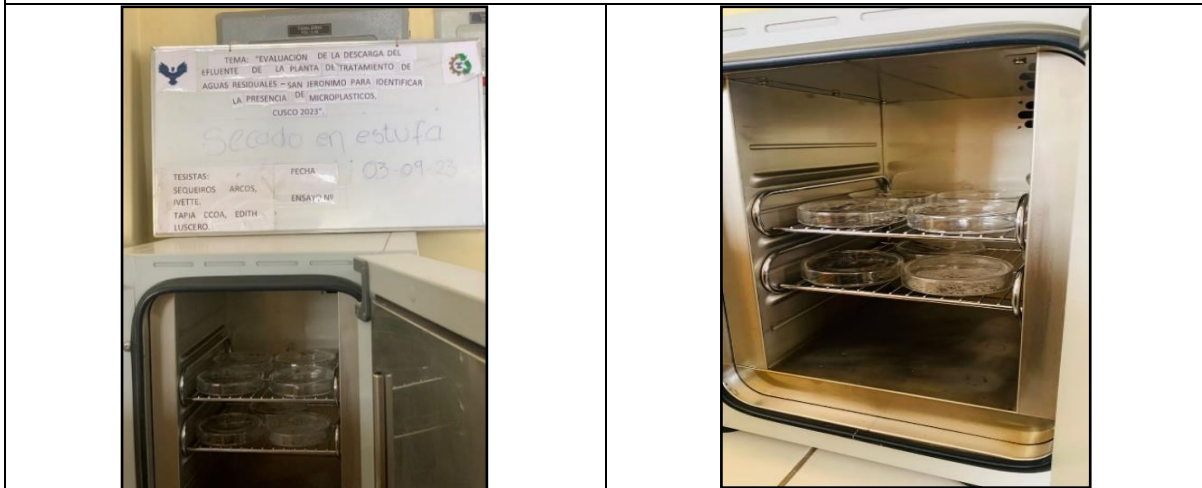
Inicio del proceso de digestión oxidativa, se inicia agregando el reactivo Fenton.

El matraz es inducido a un agitador magnético para acelerar la reacción



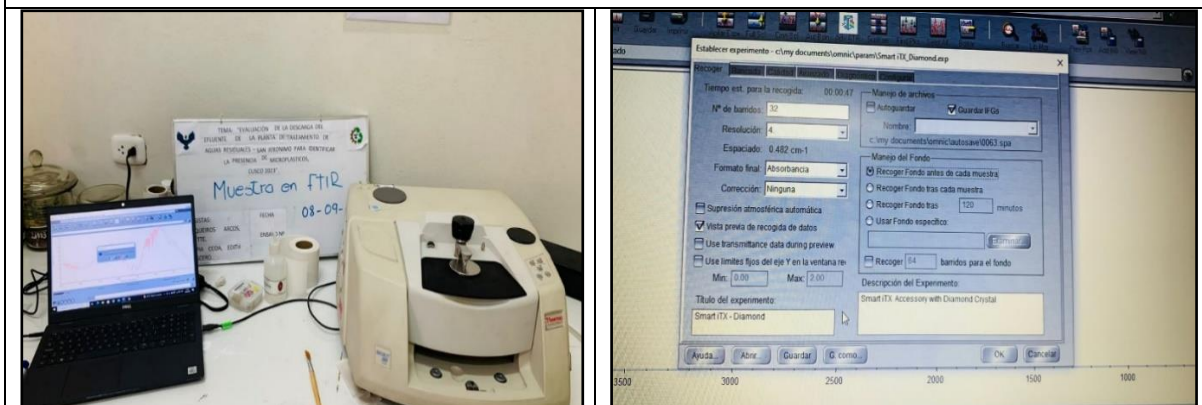
Reacción oxidativa.

SECADO DE MUESTRAS



Muestras ingresadas a la estufa para el secado

FT-IR

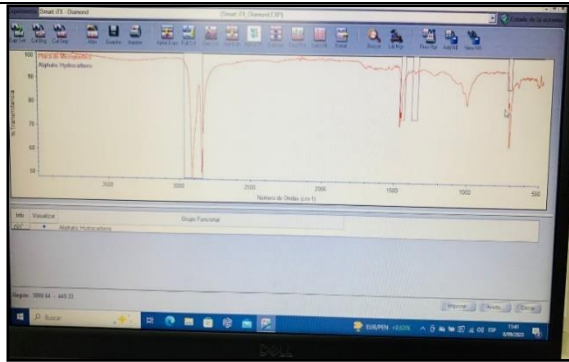


Muestras llevadas al equipo de Espectroscopía por transformada de Fourier

Configuración del equipo antes de ingresar las muestras.



Muestra colocada en el FT-IR



Resultado del espectro FT-IR.



CONSTANCIAS



**Universidad
Andina
del Cusco**
Sabiduría que vive en ti

Ingeniería y Arquitectura
Escuela Profesional
Ingeniería Ambiental

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

Cusco, 08 de agosto de 2023

OFICIO N.º 0120-2023-DEPIA-COVID19/FIA-UAC

A :Ing. Yabel Silva Guevara
Gerente General de EPS SEDA CUSCO S.A.

DE : Dr. Ing. Felio Calderón La Torre
Director de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental-UAC

ASUNTO : APOYO PARA LA ELABORACION DE PROYECTO DE TESIS.

Mediante el presente me dirijo a Ud. Para saludarlo muy cordialmente, a la vez solicitar por este medio el apoyo para la elaboración del proyecto de Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Andina del Cusco. Para ello solicito autorización para la toma de muestras en la descarga del efluente de las instalaciones de la PTAR-San Jerónimo, como también la data de los parámetros físico químicos y biológicos de la misma, con fin de contribuir a la investigación ambiental.

Agradeciéndole anticipadamente la atención al presente, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi consideración personal.

Atentamente.

TRAMITE DOCUMENTARIO

8 AGO 2023

EXP.: 4921

FIRMA: *[Firma]* HORA: 15:55

FCLT/cmvy
C.C.
Archivo

[Firma manuscrita]

Dr. Ing. Felio Calderon La Torre
Director de la EPIA-UAC



TRAMITE DOCUMENTARIO

8 AGO 2023

EXP.: 4922

FIRMA: *[Firma]* HORA: 15:55

Urbanización Ingeniería Larapa Grande A-7 San Jerónimo
Central Telefónica: 084-605000 / Anexo 1413
ep_ambiental@uandina.edu.pe



"Año de la unidad, la paz, y el desarrollo"

Cusco, 16 de abril del 2023

CARTA N° 01-2023-UAC-FIA-EPIA

CC: Ing. Carmen Rosa Huallpamayta Ponce.

JEFA DE LABORATORIO DE QUIMICA

DR. ING. Felio Calderón La Torre

**DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AMBIENTAL**

De nuestra mayor consideración:

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted, saludarlo cordialmente y manifestarle que, siendo tesis de la Escuela Profesional e Ingeniería ambiental y habiendo obtenido aprobación de ambos dictaminantes de nuestro proyecto de tesis intitulado "EVALUACIÓN DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023", mediante la resolución N°2349-2023-DFIA-UAC requerimos iniciar la parte experimental de dicho proyecto de tesis.

En tal sentido **SOLICITO** a su despacho la autorización para el acceso de las integrantes del proyecto al laboratorio de la facultad de ingeniería y arquitectura, aula 305, acorde a la disponibilidad del laboratorio con la finalidad de realizar la filtración de muestras por bombeo al vacío, identificación de microplásticos y demás experimentos requeridos. Todo ello realizado bajo la supervisión del ing. encargado, Ing. Carmen Rosa Huallpamayta Ponce.

Adjuntamos al presente Resolución de aprobación del proyecto de tesis, cuadro de tesis, asesor encargado, así como la lista de requerimientos de equipo e instrumentos de laboratorio.

Aprovecho la oportunidad para reiterarle nuestra mayor consideraciones y estima personal.

Atentamente,

Sequeiros Arcos Ivette.
Bachiller en ing. Ambiental
DNI: 70339625

Tapia Ccoa Edith Lusero
Bachiller en ing. Ambiental
DNI: 72500756

Recepcionado
16/AGOST/23
Coord. de Labos



"Año de la unidad, la paz, y el desarrollo"

Cusco, 25 de agosto del 2023

CARTA N° 02-2023-UAC-FIA-EPIA

DR. ING. Felio Calderón La Torre
**DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AMBIENTAL**

De nuestra mayor consideración:

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted, saludarlo cordialmente y manifestarle que, siendo tesis de la Escuela Profesional e Ingeniería ambiental y habiendo obtenido aprobación de ambos dictaminantes de nuestro proyecto de tesis intitulado "EVALUACIÓN DE LA DESCARGA DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SAN JERONIMO PARA IDENTIFICAR LA PRESENCIA DE MICROPLASTICOS, CUSCO 2023", mediante la resolución N°2349-2023-DFIA-UAC requerimos iniciar la parte experimental de dicho proyecto de tesis.

En tal sentido **SOLICITO** a su despacho la autorización para el acceso de las integrantes del proyecto al laboratorio de Ingeniería ambiental aula 205-S de Aulas Generales de nuestra universidad, acorde a la disponibilidad del laboratorio con la finalidad de realizar la evaluación de parámetros físico-químico de aguas residuales y demás experimentos requeridos. Todo ello realizado bajo la supervisión del ing. encargado, Ing. Annie Miluska Aguilar Lopez.

Adjuntamos al presente Resolución de aprobación del proyecto de tesis, cuadro de tesis, asesor encargado, así como la lista de requerimientos de equipo e instrumentos de laboratorio.

Aprovecho la oportunidad para reiterarle nuestra mayor consideraciones y estima personal.

Atentamente,

Sequeiros Arcos Ivette.
Bachiller en ing. Ambiental
DNI: 70339625

Tapia Ccoa Edith Lusceró.
Bachiller en ing. Ambiental
DNI: 72500756

Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP N° 132520
atendido 25/08/23



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA – ÁREA DE QUÍMICA ORGÁNICA
Laboratorio de Investigación, Análisis, y Preparación de Productos Orgánicos – LabOr
Av. De la Cultura 733 – Pabellón de Ciencias Químicas

CONSTANCIA

Mediante la presente, se hace constar que se realizó el análisis de Espectroscopia Infrarroja de muestras de microplásticos, solicitadas por las Srtas Tesistas: Ivette Sequeiros Arcos, y Luscerio Tapia Ccoa.

Según se detalla:

Muestras: Microplásticos

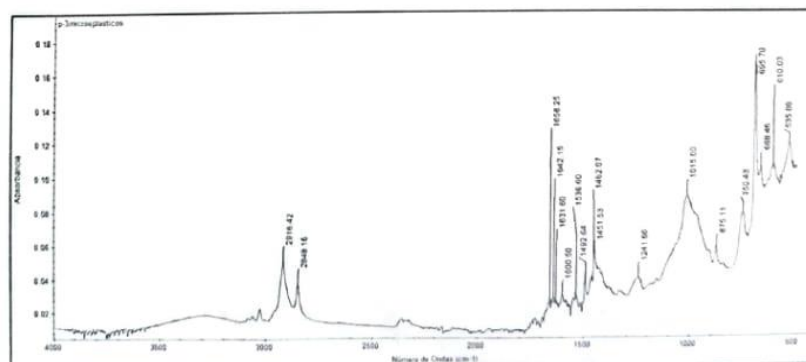
Fecha de análisis: 08/09/2023

Tipo de Análisis: Espectroscopía Infrarroja FTIR-ATR

RESULTADOS:

- 1) Espectros Infrarrojo
- 2) Tabla de absorción

ESPECTROS INFRARROJO

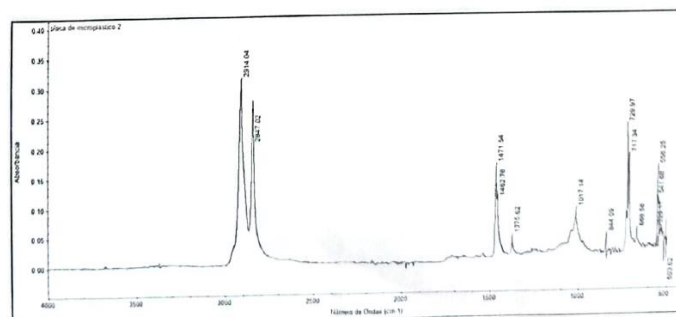
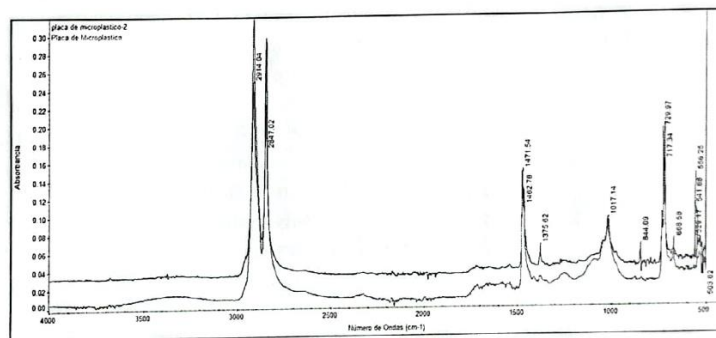
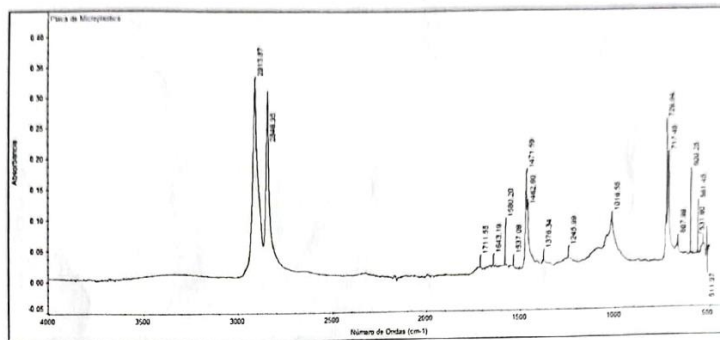


Área de Química Orgánica- Departamento Académico de Química- LabOr- FCQFM
Pab. LQ-203. Ciudad Universitaria de Perayoc. Cusco
Cel: 984619779; email: janet.gonzales@unsaac.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA – ÁREA DE QUÍMICA ORGÁNICA
Laboratorio de Investigación, Análisis, y Preparación de Productos Orgánicos – LabOr
Av. De la Cultura 733 – Pabellón de Ciencias Químicas



Área de Química Orgánica- Departamento Académico de Química- LabOr- FCQFM
Pab. LQ-203. Ciudad Universitaria de Perayoc. Cusco
Cel: 984619779; email: janet.gonzales@unsaac.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA – ÁREA DE QUÍMICA ORGÁNICA
Laboratorio de Investigación, Análisis, y Preparación de Productos Orgánicos – LabOr
Av. De la Cultura 733 – Pabellón de Ciencias Químicas

TABLA DE ABSORCIÓN

λ	A
220-240	0.00-0.05
240-260	0.00-0.05
260-280	0.00-0.05
280-300	0.00-0.05
300-320	0.00-0.05
320-340	0.00-0.05
340-360	0.00-0.05
360-380	0.00-0.05
380-400	0.00-0.05
400-420	0.00-0.05
420-440	0.00-0.05
440-460	0.00-0.05
460-480	0.00-0.05
480-500	0.00-0.05
500-520	0.00-0.05
520-540	0.00-0.05
540-560	0.00-0.05
560-580	0.00-0.05
580-600	0.00-0.05
600-620	0.00-0.05
620-640	0.00-0.05
640-660	0.00-0.05
660-680	0.00-0.05
680-700	0.00-0.05

p-3microplastic...

λ	A
220-240	0.00-0.05
240-260	0.00-0.05
260-280	0.00-0.05
280-300	0.00-0.05
300-320	0.00-0.05
320-340	0.00-0.05
340-360	0.00-0.05
360-380	0.00-0.05
380-400	0.00-0.05
400-420	0.00-0.05
420-440	0.00-0.05
440-460	0.00-0.05
460-480	0.00-0.05
480-500	0.00-0.05
500-520	0.00-0.05
520-540	0.00-0.05
540-560	0.00-0.05
560-580	0.00-0.05
580-600	0.00-0.05
600-620	0.00-0.05
620-640	0.00-0.05
640-660	0.00-0.05
660-680	0.00-0.05
680-700	0.00-0.05

Placa de Micropla...

Placa de Micropla...

Constancia, que se expide a solicitud de las interesadas

Atentamente

Mgt. Janet F. Gonzales Bellido
Coordinadora del área de Química Orgánica
Escuela Profesional de Química
LABOr - UNSAAC



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL



CONSTANCIA

Mediante la presente, la Quím. Carmen Rosa Huallpamaita Ponce, coordinadora del laboratorio de química de la Universidad Andina Del Cusco hace constar que; las Srtas. tesistas: Ivette Sequeiros Arcos y Edith Luscerro Tapia Ccoa solicitaron las instalaciones, de laboratorio del 16 de agosto al 15 de setiembre del presente, para la realización de la parte experimental de la tesis titulada "*Evaluación del efluente de descarga de la Planta de Tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo para la identificación de microplásticos, Cusco 2023*".

En tal sentido se hace constar que se trabajó utilizando equipos que se encuentran en condiciones adecuadas por estar en continuo mantenimiento, así como instrumentos y reactivos necesarios para su realización:

Según se detalla:

El instrumental de utilizado fue:

- ✓ Vasos precipitados 500 ml
- ✓ Probeta de vidrio de 500 ml
- ✓ Pera de decantación 250ml
- ✓ Fiola 200 ml
- ✓ Picnómetro de 25 ml
- ✓ Pipeta 1 ml, 5ml, 10ml
- ✓ Matraz
- ✓ Buchner
- ✓ Bagueta de agitación
- ✓ Placas petri de vidrio
- ✓ Papel filtro para análisis cuantitativo sin cenizas de 125mm
- ✓ Pizeta de 250 ml
- ✓ Magneto
- ✓ Soporte universal
- ✓ Embudos
- ✓ Abrazadera de resorte
- ✓ Espátula de metal pequeña
- ✓ Agua destilada
- ✓ Estereoscopio trinocular modelo premiere smz-05
- ✓ Microscopio modelo LW SCIENTIFIC
- ✓ Estufa modelo modelo binder
- ✓ Bomba al vacío modelo pall DOA-P730-BM



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL



-
- ✓ Balanza analítica MODELO ACCULAB-ATILON
 - ✓ Agitador magnético modelo CIMAREC
 - ✓ Cloruro de Sodio NaCl a
 - ✓ Peróxido de Hidrogeno H₂O₂ al 30%
 - ✓ Ácido Sulfúrico H₂SO₄ concentrado
 - ✓ Sulfato Ferroso Heptahidratado FeSO₄·7H₂O

Los resultados obtenidos son confiables.

Se expide la presente constancia para fines de sustentación de tesis.

Quím. Carmen Rosa Huallpamaita Ponce

Cusco 29/09/2023



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CONSTANCIA

Mediante la presente, se hace constar que se realizó la prueba de medición de muestras en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental S-205 AG de la Universidad Andina del Cusco, haciendo uso del software CellSens Inaging V3.2 de libre disponibilidad con el objetivo 10X del MICROSCOPIO LW SCIENTIFIC, solicitadas por las Srts testistas: Ivette Sequeiros Arcos y Edith Luszero Tapia Ccoa para la elaboración de la parte experimental de la tesis titulada "*Evaluación del efluente de descarga de la Planta de Tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo para la identificación de microplásticos, Cusco 2023*".

Según se detalla:

- Muestras: 21 placas Petri con muestra de microplásticos
- Fecha de Análisis: 11/09/2023
- Tipo de Análisis: Medición de muestras
- Parámetros analizados: longitud de la muestra.
- Resultado: Se detalla en la ficha de morfología de microplásticos

Constancia, que se expide a solicitud de las interesadas

Atentamente.



Annie Miluska Aguilar Lopez
Ing. QUÍMICO
CIP Nº 132520

Ing. Annie Miluska Aguilar Lopez

CIP 132520



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CONSTANCIA

Mediante la presente, se hace constar que se realizó el análisis físico-químico en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental S-205 AG de la Universidad Andina del Cusco, haciendo uso del equipo Multiparámetro HANNA HI 9829, solicitadas por las Srtas tesisistas: Ivette Sequeiros Arcos y Edith Lusceró Tapia Ccoa para la elaboración de la parte experimental de la tesis titulada "Evaluación del efluente de descarga de la Planta de Tratamiento de aguas residuales - San Jerónimo para la identificación de microplásticos, Cusco 2023".

Según se detalla:

- Muestras: 3 recipientes de 500ml de muestra.
- Fecha de Análisis: 28/08/2023
- Tipo de Análisis: Físico-Químico
- Parámetros analizados: pH, TDS (mg/L), Turbidez (NTU) y T° (°C).
- Resultados:

PARAMENTROS	PUNTOS DE MUESTREO		
	P-1	P-2	P-3
pH	7.08	7.49	7.10
TDS (mg/L)	719	925	1081
Turbidez (NTU)	82.10	90.94	95.54
T° (°C)	17.15	17.26	17.94

Constancia, que se expide a solicitud de las interesadas

Atentamente.


Ing. Annie Mluská Aguilar Lopez
CIP 132520