

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES**



**MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO - AGUA Y SU RELACIÓN EN  
LAS EPOCAS AVENIDA - ESTIAJE EN EL RÍO HUALLAGA TRAMO  
TAMBILLO - MOYUNA, LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020.**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**JANET PAOLA ANTONIA ROMERO BOZA**

**Tingo María – Perú**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Tingo María – Perú

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°43 -2023-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de mayo del 2023 a horas 3:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO - AGUA Y SU RELACIÓN EN LAS EPOCAS AVENIDA - ESTIAJE EN EL RÍO HUALLAGA TRAMO TAMBILLO - MOYUNA, LEONCIO PRADO - HUÁNUCO, 2020.”**

Presentado por el Bachiller: **ROMERO BOZA, JANET PAOLA ANTONIA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del título correspondiente.

Tingo María, 06 de junio de 2023

  
Mblgo. MSc. **LUIS ALBERTO SÁNCHEZ ROMERO**  
PRESIDENTE

  
Ing. MSc. **ABBY SOLANGE DA CRUZ RODRÍGUEZ**  
MIEMBRO

  
Ing. MSc. **SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO**  
MIEMBRO



  
Dr. **LUIS EDUARDO ORÉ CIERTO**  
ASESOR



## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 169 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO - AGUA Y SU RELACIÓN EN LAS EPOCAS AVENIDA - ESTIAJE EN EL RÍO HUALLAGA TRAMO TAMBILLO - MOYUNA, LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020.	JANET PAOLA ANTONIA ROMERO BOZA	21% Veintiuno

Tingo María, 28 de junio de 2023

  
Mg. Ing. García Villegas, Christian  
Coordinador del Repositorio Institucional  
Digital (RIDUNAS)

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

## **FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

### **DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES**



## **MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO - AGUA Y SU RELACIÓN EN LAS EPOCAS AVENIDA - ESTIAJE EN EL RÍO HUALLAGA TRAMO TAMBILLO - MOYUNA, LEONCIO PRADO – HUÁNUCO, 2020.**

<b>Autor</b>	<b>: Janet Paola Antonia Romero Boza</b>
<b>Asesor</b>	<b>: Dr. Ore Cierito, Luis Eduardo</b>
<b>Programa de investigación</b>	<b>: Niveles de Contaminación Ambiental</b>
<b>Línea de investigación</b>	<b>: Ciencia y Tecnologías Ambientales</b>
<b>Eje temático</b>	<b>: Contaminación del Agua y de Dispersión de contaminantes</b>
<b>Lugar de ejecución</b>	<b>: Río Huallaga, tramo “Tambillo - Moyuna”</b>
<b>Duración</b>	<b>: 12 meses</b>
<b>Financiamiento</b>	<b>: S/. 7,850.00</b>

**Tingo María – Perú**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A mi querida Madre por su paciencia y apoyo incondicional para poder concluir con éxito cada etapa de mi vida.

A mis hermanos por ser ejemplo de perseverancia y lucha ante las adversidades y por su comprensión, apoyo moral y espiritual.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial consideración a la Facultad de Recursos Naturales Renovables – Escuela profesional e Ingeniería Ambiental y a la plana de docentes por contribuir en conocimiento en mi formación profesional.

A mi asesor de tesis el Dr. Luis Eduardo Oré Cierzo, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su apoyo desinteresado, valiosas sugerencias y acertados aportes brindados durante el desarrollo de la investigación.

A los miembros integrantes del jurado de tesis: M. Sc. Luis Sánchez Romero, Ing. MSc. Sandra Zavala Guerrero y la Ing. MSc. Abby Da Cruz Rodríguez por su apoyo y sugerencias ofrecidos en el desarrollo de la investigación.

Al Téc. Richard Sías Rodríguez encargado del laboratorio de Microbiología Ambiental, por su amistad, apoyo para poder realizar el presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN.....	16
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. Cifra de plástico en el Perú.....	10
2.3. Plástico.....	10
2.3.1. Características generales del plástico.....	10
2.3.2. Tipos de plástico y sus principales usos comerciales.....	11
2.4. Microplásticos.....	13
2.5. Tipos de microplásticos.....	14
2.6. Clasificación de los microplásticos según su forma.....	14
2.7. Mecanismos de degradación de los plásticos.....	17
2.7.1. No biótica.....	18
2.7.2. Degradación biótica.....	18
2.8. Propiedades que influyen en el transporte y sedimentación de los microplásticos..	19
2.9. Microplásticos en plantas de aguas residuales.....	19
2.10. Microplásticos en vertederos controlados y a cielo abierto.....	20
2.11. Microplásticos y partículas de desgaste de neumáticos.....	20
2.12. Microplásticos en el aire.....	21
2.13. Degradación de la materia orgánica en los microplásticos.....	21
2.14. Separación de los microplásticos por diferencia de densidades.....	22
2.15. Caracterización de los residuos sólidos en la zona de estudio.....	22
2.16. Fuentes contaminantes de la cuenca del río Huallaga.....	23
2.17. Coeficiente de correlación.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25

3.1.	Área de estudio.....	25
3.1.1.	Ubicación política .....	25
3.1.2.	Ubicación geográfica .....	26
3.1.3.	Clima.....	26
3.1.4.	Hidrografía .....	27
3.1.5.	Población.....	27
3.1.6.	Actividad económica.....	27
3.2.	Materiales y métodos .....	28
3.2.1.	Materiales.....	28
3.2.2.	Equipos.....	28
3.2.3.	Reactivos.....	28
3.3.	Metodología .....	28
3.3.1.	Reconocimiento y descripción de los puntos de monitoreo.....	29
3.3.2.	Recolección de muestras de agua y sedimento .....	31
3.3.3.	Protocolo de prevención por contaminación de microplásticos.....	31
3.3.4.	Determinación de la relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.....	32
3.3.5.	Determinación de la relación entre los parámetros físicos de los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo- Moyuna.....	34
3.3.6.	Identificación del tipo de plástico en los sedimentos del río Huallaga en el tramo Tambillo – Moyuna.....	35
3.4.	Criterios de investigación.....	36
3.4.1.	Nivel de investigación.....	36
3.4.2.	Tipo de investigación .....	36
3.4.3.	Variable de investigación.....	36
3.4.4.	Operacionalización de variables .....	37
3.4.5.	Diseño de investigación .....	38
3.4.6.	Técnica e instrumento de relación de datos .....	39
3.4.7.	Análisis de datos .....	39
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40



4.1. Determinación de la relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga en el tramo Tambillo – Moyuna.....	40
4.2. Determinación de la relación entre los parámetros físicos de los microplásticos en sedimentos - agua en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.....	46
4.3. Identificación del tipo de plástico de los sedimentos del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna. 53	
V. CONCLUSIONES .....	57
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	58
VII. REFERENCIAS .....	59
ANEXO.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Resumen de estudios de microplásticos en sedimento de ríos.....	8
2. Resumen de estudios de micro plásticos en sedimento de ríos.....	9
3. Tipos de plásticos y sus principales usos.....	11
4. Rango de densidad de plásticos comunes.....	12
5. Rango de densidad de plásticos comunes.....	13
6. Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Spearman y/o Pearson según las sugerencias de Mayorga (2022).....	24
7. Ubicación de los puntos de muestreo.....	26
8. Variable, dimensiones e indicadores.....	37
9. Concentración de micro plásticos en sedimento y agua en la época de avenida y estiaje del río Huallaga en el tramo Tambillo-Moyuna.....	40
10. Matriz de correlación (Spearman) en sedimento.....	43
11. Matriz de correlación (Spearman) en agua.....	45
12. Matriz de correlación (Spearman) respecto al color de los microplásticos en sedimento.....	50
13. Matriz de correlación (Spearman) respecto al color de los microplásticos en agua.....	52
14. Matriz de correlación (Pearson) respecto al tamaño de los microplásticos en sedimento.....	53
15. Identificación de los tipos de micro plásticos en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.....	54
16. Identificación de los tipos de microplásticos en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.....	55
17. Cantidad de microplásticos en sedimento y agua en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.....	74
18. Cantidad de microplásticos en sedimento y agua según la forma en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.....	75
19. Cantidad de microplásticos en sedimento y agua según el color en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.....	76
20. Cantidad de microplásticos en sedimento según la forma y tamaño en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.....	77

21. Cantidad de microplásticos en sedimento según el color y tamaño en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.....	78
22. Cantidad de microplásticos en sedimento según el tamaño en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.....	79
23. Estadística descriptiva de la concentración de microplásticos en sedimento respecto a los puntos de muestreo.....	79
24. Estadística descriptiva de la concentración de microplásticos en agua respecto a los puntos de muestreo.....	79
25. Estadística descriptiva de la forma de microplásticos en sedimento y agua.....	80
26. Estadística descriptiva del color de microplásticos en sedimento y agua.....	80
27. Estadística descriptiva del tamaño de microplásticos en sedimento.....	80
28. Prueba de normalidad de la concentración de microplásticos en sedimento y agua.....	81
29. Correlación Spearman en sedimentos y agua con respecto a la época, punto de muestreo y concentración de microplásticos.....	81
30. Prueba de normalidad del color de microplásticos en sedimento y agua.....	82
31. Correlación Spearman en sedimentos con respecto al color de microplásticos.....	82
32. Correlación Spearman en agua con respecto al color de microplásticos.....	83
33. Prueba de normalidad del tamaño del microplásticos.....	83
34. Correlación Pearson de microplásticos en sedimentos y agua con respecto a la época, punto de muestreo y concentración.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Microplásticos de la categoría fragmentos.....	14
2. Microplásticos de la categoría films.....	15
3. Microplásticos de la categoría pellets.....	15
4. Microplásticos de la categoría gránulos.....	16
5. Microplásticos de la categoría filamentos.....	16
6. Microplásticos de la categoría espumas.....	17
7. Principales mecanismos de degradación de los plásticos.....	17
8. Mecanismo de transporte de microplásticos por el desgaste de los neumáticos.....	20
9. Ubicación de los puntos de muestreo del tramo Tambillo -Moyuna del río Huallaga.....	25
10. Punto de muestreo Tambillo.....	29
11. Punto de muestreo Puente Corpac.....	30
12. Punto de muestreo Moyuna.....	30
13. Épocas de evaluación, puntos de muestreo, matriz y repeticiones.....	38
14. Concentración de microplásticos en sedimento según época y puntos de monitoreo en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.....	42
15. Concentración de microplásticos en el agua según época y puntos de monitoreo en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.....	42
16. Forma de MPs. Abundancia de microplásticos (%) en el sedimento con respecto a las épocas y puntos de muestreos.....	46
17. Forma de MPs. Abundancia de microplásticos (%) en el agua con respecto a las épocas y puntos de muestreos.....	47
18. Color de MPs. Abundancia de microplásticos (%) en el sedimento con respecto a las épocas y puntos de muestreos.....	49
19. Color de MPs. Abundancia de microplásticos (%) en el agua con respecto a las épocas y puntos de muestreo.....	51
20. Tamaño de MPs. Abundancia (%) del total de microplásticos según los intervalos tamaño en la época de avenida y estiaje.....	52
21. Fibras de diferentes colores encontrados en los sedimentos del tramo “Tambillo - Moyuna” del río Huallaga.....	56
22. Formas de microplásticos encontrados en los sedimentos del tramo “Tambillo - Moyuna” del río Huallaga. a) fragmento, b) y c) films, d) y e) películas y pellet, f) y g) gránulos y/o esferas, h) e i) espuma.....	56

23. Polipropileno (PP).....	85
24. Polietileno de alta densidad (HDPE o PAD).....	86
25. Polietileno de baja densidad (LDPE o PEBD).....	87
26. Poliestireno (PS).....	88
27. Tereftalato de polietileno (PET).....	89
28. Nylon Poliamidas.....	90
29. Policarbonato (PC).....	91
30. Politetrafluoroetileno (PTFE).....	92
31. Identificación del compuesto plástico.....	93
32. Identificación del compuesto plástico.....	94
33. Muestra de microplástico en sedimento.....	95
34. Muestra de microplástico en sedimento.....	95
35. Muestra de microplástico en sedimento.....	96
36. Muestra de microplástico en sedimento.....	96
37. Muestra de microplástico en sedimento.....	97
38. Muestra de microplástico en sedimento.....	97
39. Muestra de microplástico en sedimento.....	98
40. Muestra de microplástico en sedimento.....	98
41. Muestra de microplástico en sedimento.....	99
42. Muestra de microplástico en sedimento.....	99
43. Muestra de microplástico en sedimento.....	100
44. Muestra de microplástico en sedimento.....	100
45. Muestra de microplástico en sedimento.....	101
46. Muestra de microplástico en sedimento.....	101
47. Muestra de microplástico en sedimento.....	102
48. Muestra de microplástico en sedimento.....	102
49. Muestra de microplástico en sedimento.....	103
50. Muestra de microplástico en sedimento.....	103
51. Muestra de microplástico en sedimento.....	104
52. Muestra de microplástico en sedimento. ....	104
53. Muestra de microplástico en sedimento. ....	105
54. Muestra de microplástico en sedimento.....	105
55. Muestra de microplástico en sedimento.....	106
56. Muestra de microplástico en sedimento.....	106

57. Muestra de microplástico en sedimento.....	107
58. Muestra de microplástico en sedimento. ....	107
59. Muestra de microplástico en sedimento. ....	108
60. Muestra de microplástico en sedimento.....	108
61. Muestra de microplástico en sedimento.....	109
62. Muestra de microplástico en sedimento.....	109
63. Muestra de microplástico en sedimento.....	110
64. Degradación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> de las muestras de agua de las tres estaciones de muestreo. .....	110
65. Separacion por diferencia de densidades con NaCl (1.2 kg NaCl/L), agitacion magnetica y decantacion. ....	111
66. Filtración del material sobrenadante. ....	111
67. Secado del papel filtro y almacenamiento correcto de la muestra.....	112
68. Secado y pesaje total de las muestras de sedimento, tomados en cada punto de muestreo.....	112
69. Tamizaje para la separación granulométrica de las muestras de sedimentos.....	113
70. Pesado de la muestra (100 g) por cada intervalo de tamaño.....	113
71. Degradación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno.....	114
72. Separacion por diferencia de densidades con NaCl (1.2 g/cm <sup>3</sup> ) y NaCl (1.8 g/cm <sup>3</sup> ).....	114
73. Agitacion magnetica por 5 minutos a 1200 rpm.....	115
74. Secado del papel filtro y almacenamiento correcto de la muestra.....	115
75. Caracterización de los microplásticos del agua según forma, color y tamaño en el microscopio óptico.....	116
86. Caracterización de los microplásticos del sedimento según forma, color y tamaño en el microscopio óptico con conexión a USB.....	116
77. Cuaderno de campo y laboratorio.....	117
78. Cadena de custodia para monitoreo de microplásticos en agua en la época de avenida.....	117
79. Cadena de custodia para monitoreo de microplásticos en agua en la época de estiaje.....	118
80. Cadena de custodia para monitoreo de microplásticos en sedimento en la época de avenida.....	118
81. Cadena de custodia para monitoreo de microplásticos en sedimento en la época de estiaje.....	119

82. Resultados de espectroscopía Raman del Laboratorio Central de Investigación.....	119
--	-----

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se enfocó en determinar la relación entre los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna, Leoncio Prado – Huánuco. En donde se identificó tres puntos de muestreo, Tambillo, Puente Corpac y Moyuna, cuya longitud de dicho tramos es 16.47 km. Para la planificación, muestreo, análisis e identificación de microplásticos en agua y sedimento, se implementó el protocolo “Métodos de Laboratorio para el Análisis de Microplásticos en el Medio Marino: Recomendaciones para cuantificar partículas sintéticas en aguas y sedimentos. (Masura et al., 2015). Además, se empleó la metodología de Manrique (2019) para los sedimentos. El método de muestreo utilizado es el no probabilístico por criterio y conveniencia. Los resultados indican que no existe relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento con respecto a las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna. Sin embargo, si existe una relación muy alta entre la concentración de microplásticos en el agua con respecto a las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna. En cuanto a los parámetros físicos de los microplásticos en sedimento con respecto al color se determinó que existe una relación alta entre el color negro con respecto al color blanco. Asimismo, se encontró que existe una relación alta entre el color verde con respecto al color transparente de los microplásticos. En cuanto al color de los microplásticos en agua, no se encontró ninguna relación. Y respecto al tamaño de microplásticos en sedimento, existe una relación muy alta entre el intervalo de tamaño (68  $\mu\text{m}$  - 180  $\mu\text{m}$ ) con respecto a (0 - 68  $\mu\text{m}$ ). Asimismo, existe una relación muy alta entre (500  $\mu\text{m}$  - 4,7 mm) con respecto a (0 - 68 $\mu\text{m}$ ) y una relación muy alta entre el tamaño (500  $\mu\text{m}$  -4,7 mm) con respecto a (68  $\mu\text{m}$  - 180  $\mu\text{m}$ ). En los sedimentos del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, se identificó siete tipos de plásticos, el polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y el Nylon poliamidas.

**Palabras claves:** Microplásticos, agua, sedimento, época, avenida y estiaje.



# **Microplastics in Sediment and Water and their Relationship with the High and Low Water Seasons for the Tambillo to Moyuna Section of the Huallaga River in Leoncio Prado, Huanuco, During 2020**

## **Abstract**

The present research work was focused on determining the relationship between the microplastics in sediments and water and the high and low water seasons for the Tambillo to Moyuna section of the Huallaga river in Leoncio Prado, Huanuco, Peru. Three sampling points were identified: Tambillo, Puente Corpac, and Moyuna, the length of which was 16.47 km. For the planning, sampling, analysis, and identification of the microplastics in the water and sediment, the protocol: “Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendation for Quantifying Synthetic Particles in Water and Sediments” was used (Masura et al., 2015). Moreover, Manrique’s methodology (2019) was used for the sediments. The sampling method that was utilized was non-probabilistic by criteria and convenience. The results indicated that no relationship existed between the concentration of microplastics in the sediment, with respect to the high water and low water seasons for the Tambillo to Moyuna section of the Huallaga river. However, a very high relationship did exist between the concentration of microplastics in the water with respect to the high water and low water seasons for the Tambillo to Moyuna section of the Huallaga river. For the physical parameters of the microplastics in the sediment, with respect to the color, it was determined that a high relationship existed between the color black, in relation to the color white. At the same time, it was found that a high relationship existed between the color green, in relation to a transparent color of the microplastics. With respect to the color of the microplastics in the water, no relationship was found. With respect to the size of the microplastics in the sediment, a very high relationship existed between the interval of the size (68  $\mu\text{m}$  -180  $\mu\text{m}$ ) in relation to (0 – 68  $\mu\text{m}$ ). Likewise, a very high relationship existed between (500  $\mu\text{m}$  - 4,7 mm) with relation to (0 - 68 $\mu\text{m}$ ), and a very high relationship between the size (500  $\mu\text{m}$  -4,7 mm) in relation to (68  $\mu\text{m}$  – 180  $\mu\text{m}$ ). For the sediments in the Tambillo to Moyuna section of the Huallaga river, seven types of plastics were identified: low density polyethylene (LDPE; PEBD in Spanish), high density polyethylene (HDPE; PEAD in Spanish), polystyrene (PS), polyvinyl chloride (PVC), polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET), and nylon polyamides.

**Keywords:** microplastics, water, sediment, season, high water, low water

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los microplásticos han sido reconocidos como un contaminante emergente y han causado una preocupación en todo el mundo (Ogonowski et al., 2016).

Actualmente se conoce que estas partículas inferiores a los 5 mm pueden llegar a ocasionar problemas tanto a nivel ecosistémico como a nivel de salud debido a la toxicidad de sus componentes. Los microplásticos están hechos de compuestos poliméricos, como el poliestireno (PS), que son resistentes a la biodegradación y pueden ser acumulados en el estómago de los peces (Carpenter et al., 1972).

Los microplásticos en los mares y océanos han sido muy investigados en las últimas décadas y se ha constatado que parte de la contaminación por microplástico en el medio marino proviene del ambiente terrestre (Jambeck et al., 2015), dado que las aguas continentales son rutas importantes para la presencia de microplásticos en los océanos (Lebreton et al., 2017). Sin embargo, la información sobre este tema se ha enfocado más en los océanos, dejando a un lado los ríos, los cuales son los que poseen una mayor contaminación por microplásticos, por lo cual, la información está limitada a ciertos ríos en países del hemisferio norte. En Sudamérica, la información es escasa.

En el Perú uno de los problemas más notables que tienen sus ciudades es el manejo de los residuos sólidos municipales, desde la fuente hasta su disposición final a causa de que no existe una cultura de segregación, recolección selectiva y pocos rellenos sanitarios. Tan solo 65 rellenos sanitarios para más de 31 millones de personas (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2021).

Según las cifras del Ministerio del Ambiente de Perú, solo el 56% de los residuos plásticos que se generan en el Perú terminan en un relleno sanitario, el 43.7% a botaderos y finalmente estos acaban en el océano pacífico a través de los cauces de los ríos y solo el 0.3% es reciclado es decir reintroducido a la cadena productiva (Sierra, 2018).

Los residuos sólidos municipales generados por los distritos de Rupa Rupa, Castillo Grande, Mariano Damaso Beraun y Luyando tenían como disposición final al ex botadero la “Moyuna”, lo cual causaba contaminación al agua dado que dicho botadero se encontraba a orillas del río Huallaga y cuyos residuos eran arrojados directamente al río; sumado a ello, se vierten las aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento previo que se producen en la ciudad de Tingo María, Castillo Grande y Las Palmas, teniendo un efecto negativo dado que actualmente se conoce que los microplásticos están principalmente asociadas con las zonas de

desagües tanto domésticos como industriales e incluso botaderos (Rojo & Montoto, 2017). Es debido a estas razones que el presente trabajo de investigación se enfoca en determinar la relación entre los microplásticos en sedimento y agua con respecto a la época de estiaje y avenida del río Huallaga en el tramo Tambillo - Moyuna, Leoncio Prado – Huánuco, 2020.

En efecto el problema planteado de este trabajo radica en torno a la siguiente pregunta interrogante: ¿Existe relación entre los microplásticos en sedimentos - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna, Leoncio Prado-Huánuco, 2020?; lo cual la hipótesis del trabajo de investigación es que existe relación significativa entre los microplásticos en sedimentos - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, 2020.

### **1.1. Objetivo general**

Determinar la relación entre los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna, Leoncio Prado – Huánuco, 2020.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Determinar la relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.
- Determinar la relación de los parámetros físicos de los microplásticos en sedimento - agua en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.
- Identificar el tipo de plástico de los sedimentos del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

Donoso (2018) cuantificó los microplásticos en el agua de la cuenca alta del Río Guayllabamba, donde está influenciado por descargas de aguas residuales y desechos de residuos sólidos que se producen en la ciudad de Quito – Ecuador. Encontró microplásticos desde la cabecera de los ríos y fue aumentando la abundancia en la desembocadura o en las zonas urbanas del Distrito Metropolitano de Quito. Las fibras son predominantes en la mayoría de los puntos de muestreo y va aumentando la cantidad de fibras en los puntos de monitoreo más cercanos a áreas urbanas y en la desembocadura. Concluyendo que los vertimientos de las aguas residuales en los ríos están altamente relacionados con la abundancia de microplásticos y se hace más notorio en las zonas urbanas por el aumento de la densidad poblacional, inadecuada gestión de los residuos sólidos y la ausencia del tratamiento de aguas residuales.

Huanaco (2019) evaluó la presencia de microplásticos en los sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rímac, donde estableció una red de muestreo en el río Rímac, Santa Eulalia y la quebrada Huaycoloro en noviembre del 2017 (avenida), y agosto del 2018 (estiaje). Realizó la degradación de la materia orgánica, separación por densidades e identificación. Encontró en la época de avenida 538,9 MPs/m<sup>2</sup> y estiaje 16566,7 MPs/m<sup>2</sup> e identificó el Poliestireno (PS), polipropileno (PP) y polietileno tereftalato (PET). En la época de avenida predominaron el fragmento (39,2%), película (33%), filamento (20,6%) y esfera (7,2%) y en la época de estiaje el fragmento (89,1%), película (5,6%), filamento (3,39%) y esfera (1,91%). El tamaño en la época de Avenida es 43,3% (1 a 2,5 mm), 35% (0,1 a 1 mm) y 20,6% (2,5 a 5 mm) y en la época de estiaje el 45,81% (0,1 a 1 mm), 32,39% (1 a 2,5 mm), 12,2% (0,063 a 0,1 mm) y el 9,59% (2,5 a 5 mm). Con respecto al color predominan el blanco, negro, rojo, amarillo, azul y celeste en ese orden. La abundancia de microplásticos en la época de avenida es menor a comparación de la época de estiaje y podría estar vinculado con la variabilidad climática y las altas precipitaciones (Crawford & Quinn, 2017), ya que grandes caudales de agua logran remover y trasladar los microplásticos hacia otros lados.

González (2019) evaluó la presencia de microplásticos en agua y sedimento en dos cuencas mediterráneas el río Besos y Tordera. En el sedimento encontraron 75

000MPs/Kg en el Besòs y 74 000 MPs/Kg en la Tordera y en las muestras de agua 2,78 MPs/L en el Besòs y 1,67 MPs/L. Mayor abundancia de microplástico según el tamaño son de 50  $\mu\text{m}$  – 100  $\mu\text{m}$ . La concentración y distribución de los microplásticos no está relacionado con el uso del suelo, sino por la heterogeneidad de la cuenca y características hidromorfológicas de los tramos (González, 2019).

Donoso & Rios-Touma (2020) cuantificaron los microplásticos en la cuenca alta del Río Guayllabamba en Ecuador, dicha cuenca nace en la Sierra Norte del Ecuador, pasando por montañas cubiertas de nieves y exuberantes bosques amazónicos y vierte sus aguas al océano pacífico. Evaluaron en cinco puntos de muestreo que se encuentran en los ríos Pita, San Pedro y Guayllabamba. Tomaron la muestra de agua con red de deriva de 250 $\mu\text{m}$ , extracción con tamiz de malla 0,3 mm; 5 mm y 1,1 mm, secado a 90 °C, degradación con 20 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, separación por densidad con NaCl, filtración, identificación con microscopio y para sedimento usaron la metodología de Masura et al. (2015). Tomaron 1 kg de sedimento, almacenados a 4°C, extracción con tamiz, secado a 90°C, degradación de la materia orgánica con 20 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% y Fe (II), agitación en placa térmica a 75° C, separación por densidad con NaCl, filtración, identificación con microscopio Olimpo CX31 (Aumento 4X y 10X). G. El SP7 "San Pedro" (2,23 MPs/m<sup>3</sup>), 3.2 PI "Pita" (0,73 MPs/m<sup>3</sup>), SP3 "Pita" (30,18 MPs/m<sup>3</sup>), SP2 "San Pedro" (168,12 MPs/m<sup>3</sup>) y M5 "Guayllabamba" (1584,23 MPs/m<sup>3</sup>) y en sedimento con un promedio de 94,38 MPs/kg. El SP7 "San Pedro" (32,6 MPs/kg), 3.2 PI "Pita" (14,3 MPs/kg), SP3 "Pita" (112,5 MPs/kg), SP2 "San Pedro" (186,5 MPs/kg) y M5 "Guayllabamba" (126 MPs/kg). Predominaron los Film, fibra, fragmento, en ese orden en agua y sedimento. Finalmente, en el M5 del Río Guayllabamba, receptor de contaminación producto del arrastre de los ríos mencionados anteriormente, capta el agua residual de más de 2 millones de personas. En las tres fechas de evaluación encontraron un patrón en la cantidad de los MPs, donde el SP7 y 3.2 PI llevan las partículas plásticas a sus siguientes puntos en la misma cuenca a SP3 y SP2, observando un aumento en la cantidad de partículas de microplásticos, donde al final todos los puntos llegan al M5 en donde se encontró notablemente más cantidad de microplásticos. Por lo tanto, a medida que los ríos atraviesan zonas urbanas, la cantidad de microplásticos se vuelve mayor. Además, a medida que el río discurre va arrastrando microplásticos.

Martínez & Quispe (2021) determinaron la presencia de microplásticos en sedimentos fluviales de la desembocadura del río Lurín y Chillón. Evaluaron en cuatro puntos de muestreo de cada río, que comenzaba desde la Cuenca baja hasta la desembocadura del río Lurín y Chillón. Extrajeron cuatro muestras aleatorias para el punto de muestreo, tomaron las

muestras en un área 50 cm x 50 cm a una profundidad de 5 cm, seco las muestras a temperatura ambiente y en estufa a 70° C por 24 horas (Manrique, 2019). Uso de mallas de 850 µm, 2000 µm y > 2000 µm. Separación por diferencia de densidades a los microplásticos de tamaño de 850 µm con NaCl, agitación y reposo por 15 minutos, filtración con papel filtro de 45 µm. Caracterizaron por microscopia óptica e identificación con espectroscopia infrarroja. En ambos ríos encontraron microplásticos de forma irregular, cuadradas, rectangulares, esferas, fibras largas. En el río Lurín, encontraron microplásticos de color azul, amarillo, celeste, plomo, blanco, rosado y verde y en el río Chillón de color azul, amarillo, celeste, plomo y blanco. En el río Lurín identificaron al polipropileno, polipropileno de alta densidad, poliestireno, tereftalato de polietileno, polipropileno y en el río Chillón el polipropileno, polietileno de alta densidad, tereftalato de polietileno. Donde las principales fuentes de contaminación son las industrias y las zonas urbanas que usan al río como botadero de desechos de sus residuos sólidos. Además, la falta de planificación y ordenamiento territorial y la conciencia ambiental de la población y la gestión inadecuada de las autoridades locales y regionales en el manejo de los residuos sólidos. No determinaron la concentración. Wicaksono et al. (2021) evaluaron la distribución y variación estacional de microplásticos en el río Tallo, Makassar este de Indonesia. Donde la abundancia de microplástico en el agua oscilaba entre  $0,74 \pm 0,46$  a  $2,15 \pm 0,68$  MPs/m<sup>3</sup> en la época de avenida y de  $1,48 \pm 0,26$  a  $3,41 \pm 0,13$  MPs/m<sup>3</sup> en la época de estiaje. En los sedimentos fue de  $16,67 \pm 20,82$  a  $73,33 \pm 40,41$  MPs/kg en la época de avenida y de  $33,33 \pm 25,17$  a  $150 \pm 36,06$  MPs/kg en la época de estiaje. Encontraron mayor abundancia de microplásticos en la época de estiaje y aumento la abundancia de microplásticos en la parte baja del río. Las formas predominantes fueron los fragmentos (47,80 – 86,03%) y fibras (12,50 – 47,80%) y con respecto al color, el azul representa el (19,49 – 46,15%) y el transparente (14,29 – 38,14%). El polietileno y el polipropileno fueron los polímeros comunes encontrados en el río Tallo.

Lino (2022) determino la concentración y el aporte de microplásticos del río Aucayacu y Sangapilla al río Huallaga. Evaluó en seis estaciones de muestreo en la época de avenida, intermedia y verano en los meses de febrero, abril y junio del 2020. Utilizo la metodología modificada por Manrique (2019) para las muestras de agua y de Hidalgo-Ruz et al. (2016) para las muestras de sedimento de lecho de río. Seco las muestras de sedimento a 70 °C por tres a siete días, tamizo con mallas de 53 µm, 63 µm y 710 µm y extrajo las muestras de sedimento mayor a 53µm y menor a 63µm. Posteriormente, aplico la metodología de ECI (2008), para identificar los tipos de MPs para agua y sedimento, consistió en la separación por densidades con NaCl (120g/L), agitación por 5 minutos y reposo por 30

minutos, filtración del sobrenadante y el teste de alcohol (70%), lo que se hunde es HDPE y lo que flota le realiza el test de aceite (500 ml) y lo que se hunde es LDPE y lo que flota es PP y filtración con papel Whatman. Caracterización con microscopio óptico. Identifico el HDPE (37%), PEBD (23%), PP (11%) y otros (29%) de un total de 7154 partículas de microplásticos. Las formas de microplásticos encontrados en muestras de agua y sedimento fueron fragmento, fibra, lámina y esfera, variando en colores desde el más oscuro hasta transparente. En las muestras de agua en el río Huallaga, punto de muestro “ciudad de Aucayacu” en la época de avenida (46 MPs/L) y seca (63,5 MPs/L). En el sedimento, época de avenida (53 MPs/Kg) y seca (55,5 MPs/), donde la concentración promedio en sedimento es 54,25 MPs/Kg y en agua 54,75 MPs/L.

Nayahi et al. (2022) evaluaron los lixiviados de vertederos controlados y a cielo abierto. Identificaron 20 tipos de plásticos. Las fibras, películas y fragmentos son las predominantes en los dos casos. El polipropileno y polietileno predominaron en el vertedero controlado, mientras que el polietileno y poliestireno en el vertedero a cielo abierto.

Üstün et al. (2022) estudiaron la abundancia de microplásticos en aguas residuales y lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales urbana en Bursa, Turquía. Predominaron los fragmentos de color negro y de tamaño de 500  $\mu\text{m}$  a 1000  $\mu\text{m}$  en muestras de agua residual y lodos. Identificaron en el afluente el polipropileno, polietileno, tereftalato de polietileno y poliamida y en el afluente polietileno, polipropileno, poliestireno y en los lodos el polietileno, polipropileno, poliestireno. Concluyen que los microplásticos se eliminan en el proceso de tratamiento de aguas residuales con una alta eficiencia y que una cantidad significativa se acumulan en los lodos.

Ureta (2022) evaluó la presencia de microplásticos en dos especies de peces amazónicos, la Carachama (*Pseudorinelepis genibarbis*) y Toa (*Hemisorubim platyrhynchos*) procedentes del río Huallaga en el km 25 al noreste de Tingo María (Aucayacu), encontró microplásticos de forma de fragmento, fibra, película, esfera y espuma y de color metálico, rojo, amarillo, verde, negro y blanco. Y registraron la mayor abundancia entre 280  $\mu\text{m}$  y 380  $\mu\text{m}$ , en el contenido estomacal de los peces de carachama y Toa.

Godoy (2021) indica que la concentración de microplásticos en sedimento, está influenciado directamente por la cercanía entre el cuerpo de agua respecto a las actividades antropogénicas, tales como en zonas donde no manejan correctamente los residuos sólidos, vertimiento directo de aguas residuales o por el vertimiento de aguas residuales tratadas.

Garcés & Ordoñez et al. (2020) determino la relación entre la temporada turística, ubicación y concentración de macro residuos sólidos y abundancia de microplásticos

en once playas del de Magdalena – Caribe colombiano. Encontró relación directa en la influencia de turismo y abundancia de macro residuos. Sin embargo, no hay relación entre estos factores y la abundancia de microplásticos.

Ferraz et al. (2020) determino las concentraciones de microplásticos en agua cruda y potable en el río Sinos, sur de Brasil. Utilizaron una botella de vidrio (1 L), profundidad (50 cm), degradación (KOH 15%) por 48 h, separación por densidades (NaCl), centrifugación (200 rpm/2 min y 500 pm/5 min), filtración (Whatman GF3, 7  $\mu$ m), identificaron con rojo nilo, microscopio de fluorescencia Axio Scope A1 Zeiss (400 X). Encontrando 330,2 MPs/L y Fibras (89,4 %), pellets (10,5 %) y films (0,1%). Solo estudiaron este tamaño de MPs > 200  $\mu$ m.

Zhao et al. (2022) investiga sobre el color como un factor importante pero pasado por alto para el fotoenvejecimiento plástico y la formación de microplásticos. Cuando los plásticos, se exponen al entorno natural, experimentan diversos procesos de degradación, incluida la radiación solar, el viento, la abrasión mecánica, la oxidación térmica y la biodegradación. El fotoenvejecimiento generalmente provoca cambios en el color del plástico. El proceso de fotoenvejecimiento provocan cambios en el color del plástico específicamente en la luminosidad, lo que puede ayudar a determinar el tiempo de exposición de las partículas plásticas en el ambiente. Con una exposición prolongada al sol, el color del plástico primero cambia gradualmente a colores más claros, empieza a decolorarse o blanquearse y luego cambia de color blanco a amarillo o ámbar.



**Tabla 6.** Resumen de estudios de microplásticos en sedimento de ríos.

Ubicación	Método	Concentración de microplásticos	Tipo de plásticos	Características físicas de los microplásticos	Referencia
Río Wei, China	Muestreador de lodos, degradación (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30%), separación por densidad (NaCl), agitación y reposo (24hr), filtración (0,45µm), caracterización con microscopio óptico e identificación con SEM.	360 MPs/kg min y 1320 MPs/kg max.	PE, PVC y PS.	Forma: Fibras 45,3%, films o película 26,4%, fragmento 14%, espuma 1,2%, pellet 13,1%. Tamaño: 60,8% (<0,5mm); 25,1% (0,5 a 1 mm); 7,35% (1-2mm); 3,5% (2-3mm); 2,1% (3-4mm) y 1,15% (4-5mm).	(Ding et al., 2019).
Río Molawin (Filipinas).	Muestreo con pala metálica, secado (60°C/48hr), tamizaje (2 - 0,63µm), 100 g de la muestra, separación por densidad (NaCl), decantación toda la noche, filtración, caracterización con microscopio óptico e identificación con FTIR.	Aguas arriba 100MPs/Kg, Aguas intermedias en canal 133MPs/kg y banco 633MPs/kg Aguas abajo en canal 470,33 MPs/kg y banco 970 MPs/kg.	PP y PE.	Tamaño: El 48.8% (2 mm), 16% (1 mm), 18% (500µm), 7% (250µm), 5% (125µm), 3,5% (63µm) y 1,66% de menor tamaño.	(Limbago et al., 2021).
Ríos (Shanghai, China)	Muestreo con cuadrante (0,5 x 0,5 m), secado (70°C), 100g de muestra, separación por densidad (NaCl), agitación y reposo por 24hr, filtración, caracterización con microscopio óptico e identificación con FTIR.	Río Huangpu 723 MP/kg, Shajinggang 765 MPs/kg, Caohejing 1535 MPs/kg, Beishagang 1600 MPs/kg, Jiangjiagang 1120 MPs/kg, Yujiabang: 410 MPs/kg.	PP, PET, RAYÓN, ALGODÓN + VISCOSA, RESINA FENOXI, PVA, RAYON y PET.	Forma: Esferas 88,98%, fibra 7,55% y fragmentos 3,47%. Color: blanco 90%, azul 3%, transparente 3%, negro 2% y rojo 2%. Tamaño: 31,19% (< de 100µm), 62,15% (100 y 500µm), 3,56% (500 y 1000µm), 2,8% (1 y 5 mm) y 0,3% (> 5 mm).	(Peng et al., 2018).

**Tabla 7.** Resumen de estudios de micro plásticos en sedimento de ríos.

Ubicación	Método	Concentración de microplásticos	Tipo de plásticos	Características físicas de los microplásticos	Referencia
Río Koshi	Muestreo con pala inoxidable a una profundidad (10cm), tamices de 0.1 mm a 5 mm, 200 g de muestra, separación por densidad (ZnCl) por triplicado, agitación (30min) y reposo (4hr), degradación con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , filtración con fibra de vidrio y caracterización con microscopio e identificación FTIR.	Promedio es 58 +- 27 MPs/kg	PE, PET, PA y PS.	Forma: fibra 95% y fragmento 5%. Color: negro 60% y azul 25% y 25% otros. Tamaños predominantes (0,1-0,5 mm; 0,5-1mm y 1 - 2mm).	(Yang et al., 2021).
Río Jequetepeque – Perú	Muestreo, secado a 70°C, tamizaje con mallas de 63µm, 185µm, 500µm y 1mm, 100g de toma de muestra, separación por densidad (NaCl), agitación (5 min) y reposos de 1hr a toda la noche, todo por triplicado, degradación con FeSO <sub>4</sub> y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y agitación (24hr), decantación, filtración, caracterización con microscopio óptico e identificación con Raman.	En promedio en la E4 es de 90 MPs/kg (solo se encontró MPs en la E4)	PE, PP y PS	Fragmentos 77,8 %, películas delgadas 22,2 %. Color: amarillo o ámbar (44,4 %), blanco 22,2 %, rojo 16,7 %, lila o rosada 11,1 %, azul o celeste (5,6 %) y solo encontraron de tamaño (180 – 500µm).	(Manrique, 2019).
Quebrada Ishoj y quebrada Uyru Rume - Yauyos, Lima	Muestras con paletas de acero inoxidable, secado a 50°C por 48 hr, 30g de muestra, separación por densidad (ZnCl), filtración y todo lo hicieron por triplicado, caracterización con microscopio óptico y prevención de contaminación en campo y laboratorio.	CM 111.11 MPs/kg, CY1 566.67 MPs/kg y CY2 66.66 MPs/kg y promedio (248.1MPs/kg).	–	Forma: fragmento, fibra y film, los cuales predominaron los fragmentos y la fibra. Color azul y negro predominaron en ese orden en los tres puntos de muestreos. Tamaños menores a 1 mm predominaron.	(Canchari & Iannacone, 2022).

Leyenda: **SEM:** Microscopia electrónica de barrido y **FTIR:** Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier

## **2.2. Cifra de plástico en el Perú**

El uso promedio de plásticos en el Perú es de 30 kg por persona al año y se utiliza cerca de 3 000 millones de bolsas plásticas al año, es decir, casi 6 mil bolsas por minuto. En Lima Metropolitana y el Callao se generan 886 toneladas de residuos plásticos por día, representando el 46% de dichos residuos a nivel nación al (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2022).

En el Perú, se consume aproximadamente 950 mil toneladas de plásticos al año (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2018). En el 2016, a nivel nacional se generaron 7 005 576 toneladas de residuos sólidos urbanos, de las cuales solo se reciclan el 1,9 % del total de residuos sólidos aprovechables (plástico, vidrio, cartón, entre otros) (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2018).

## **2.3. Plástico**

La palabra “plástico” proviene del vocablo griego “plastikos”, que significa “moldeable”, refiriéndose a la ductilidad de un material. Los plásticos son macromoléculas de polímeros sintéticos de elevado peso molecular, elaborado a partir de hidrocarburos. Elaborados a partir de la polimerización de monómeros derivados del petróleo y el gas natural (Morris, 1989).

### **2.3.1. Características generales del plástico**

El plástico se caracteriza por su resistencia, densidad alta, propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico. Además de resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico (Paz, 2014).

### 2.3.2. Tipos de plástico y sus principales usos comerciales

**Tabla 8.**Tipos de plásticos y sus principales usos

Nombre y abreviatura	Principales usos
Poliétileno tereftalato (PE -PET)	Envases de gaseosa, agua mineral, aceite, cosméticos y farmacéuticos; fibras textiles, geotextiles (pavimentación, caminos). Aproximadamente es el 7% de todos los plásticos.
Poliétileno de alta densidad (PEAD o HDPE)	Recipientes de leche, botellas para detergente o bloqueadores, tapas, juguetes, etc. Aproximadamente es el 31% de todos los plásticos.
Policloruro de vinilo o Vinilo (PVC)	Mangueras, tuberías para redes de saneamiento, etc. Aproximadamente es el 5% de todos los plásticos.
Poliétileno de baja densidad (PEAD o LDPE)	Bolsas de mercado, bolsas de pan, envolturas para alimentos. Aproximadamente el 33% de todos los plásticos.
Polipropileno (PP)	Envases de yogurt, botellas de champú, cañas, baldes de pintura, pañales descartables, jaboneras, cepillos, mantas sintéticas y fibras para tapicería. Aproximadamente es el 9% de todos los plásticos.
Poliestireno (PS)	Tazas para bebidas calientes, cartones para huevo, partes de automóvil, reflectores de luz, instrumental médico, etc. Aproximadamente es el 11% de todos los plásticos.
Otros	Todas las demás resinas de plástico. Estos representan el 4% de todos los plásticos.

Fuente: Ayala & Serralde (2009).

**Tabla 9.** Rango de densidad de plásticos comunes.

<b>Plástico</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Policloropreno (neopreno) (espumado)	CR	0,11 - 0,56
Policloropreno (neopreno) (sólido)	CR	1,20 - 1,24
Polietileno de baja densidad	LDPE	0,92 - 0,94
Polietileno lineal de baja densidad	LLDPE	0,92 - 0,95
Polietileno de alta densidad	HDPE	0,94 - 0,97
Polipropileno (modificado por impacto)	PP	0,88 - 0,91
Polipropileno (homopolímero)	PP	0,90 - 0,91
Polipropileno (copolímero)	PP	0,90 - 0,91
Polipropileno (10-20% de fibra de vidrio)	PP	0,97 - 1,05
Polipropileno (10-40% de fibra de vidrio)	PP	0,97 - 1,25
Polipropileno (10-20% talc)	PP	0,97 - 1,25
Polipropileno (30-40% de fibra de vidrio)	PP	1,10 - 1,23
Poliestireno (espuma expandida)	EPS	0,01 - 0,05
Poliestireno (espuma extruida)	XPS	0,03 - 0,05
Poliestireno (cristalino)	PS	1,04 - 1,05
Poliestireno (resistente a alta temperatura)	PS	1,04 - 1,05
Poliestireno (30% de fibra de vidrio)	PS	1,04 - 1,50
Cloruro de polivinilo (plastificado y relleno)	PVC	1,15 - 1,35
Cloruro de polivinilo (rígido)	PVC	1,35 - 1,50
Policarbonato (resistente a alta temperatura)	PC	1,15 - 1,20
Policarbonato (20%-40% de fibra de vidrio)	PC	1,35 - 1,52
Policarbonato (20%-40% de fibra de vidrio con retardante de llama)	PC	1,40 - 1,50
Poli (metilmetacrilato) (modificado por impacto)	PMMA	1,10 - 1,20
Poli (metilmetacrilato)	PMMA	1,17 - 1,20
Poli (metilmetacrilato)	PMMA	1,15 - 1,25

Fuente: Crawford &amp; Quinn (2017).

**Tabla 10.** Rango de densidad de plásticos comunes.

<b>Plástico</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Tereftalato de polietileno	PET	1,30 - 1,40
Tereftalato de polietileno (30% de fibra de vidrio y modificado por impacto)	PET	1,40 - 1,50
Tereftalato de polietileno (30% de fibra de vidrio)	PET	1,50 - 1,60
Nylon 6,6 (modificado por impacto)	PA	1,05 - 1,10
Nylon 6	PA	1,12 - 1,14
Nylon 6,6	PA	1,13 - 1,15
Nylon 6,6 (modificado por impacto y 15 - 30% de fibra de vidrio)	PA	1,25 - 1,35
Nylon 6,6 (30 de relleno mineral)	PA	1,35 - 1,38
Nylon 6,6 (30% de fibra de vidrio)	PA	1,37 - 1,38
Acrilonitrilo butadieno estireno (resistente a alto impacto)	ABS	1,00 - 1,10
Acrilonitrilo butadieno estireno (resistente a alta temperatura)	ABS	1,00 - 1,15
Acrilonitrilo butadieno estireno	ABS	1,03 - 1,21
Acrilonitrilo butadieno estireno (con retardante de llama)	ABS	1,15 - 1,20
Politetrafluoroetileno	PTFE	2,10 - 2,20
Politetrafluoroetileno (25% de fibra d vidrio)	PTFE	2,20 - 2,30

Fuente: Crawford & Quinn (2017).

#### **2.4. Microplásticos**

“Son partículas de plástico menores a 5 mm hasta tamaños tan pequeños que son imperceptibles. Son producto de la degradación de los residuos plásticos” (Ley N° 30884, 2018).

A los plásticos se le agregan aditivos para darle ciertas características específicas tales como: rigidez, dureza, color, etc. Muchos de estos aditivos están compuestos por sustancias peligrosas y en el proceso de degradación del plástico estos son liberados. Se ha encontrado que en concentraciones significativas pueden alterar la función del sistema

endocrino en peces adultos y otras especies, incluyendo al ser humano (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

## 2.5. Tipos de microplásticos

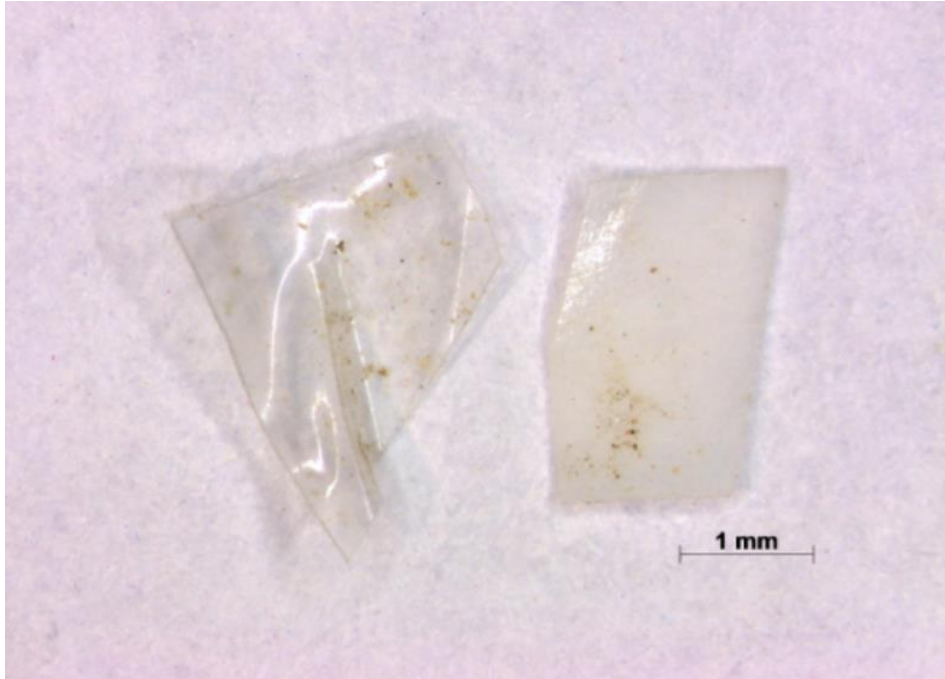
Hay dos tipos de microplásticos de acuerdo a su origen, los microplásticos primarios que fueron fabricados para tener un tamaño microscópico, por ejemplo, como las resinas plásticas que son materia prima para productos plásticos o también aditivos para productos de limpieza personal como los geles de ducha, cremas dentales, exfoliantes, etc. (Wagner et al., 2014). Y los microplásticos secundarios, que son productos de la degradación de artículos plásticos más grandes, por medios físicos (calor, luz UV, acción mecánica), químicos (oxidación) y biológicos por degradación microbiana (Da Costa et al., 2017).

## 2.6. Clasificación de los microplásticos según su forma



**Figura 9.** Microplásticos de la categoría fragmentos.

Fuente: Viršek et al. (2016).



**Figura 10.** Microplásticos de la categoría films.

Fuente: Viršek et al. (2016).



**Figura 11.** Microplásticos de la categoría pellets.

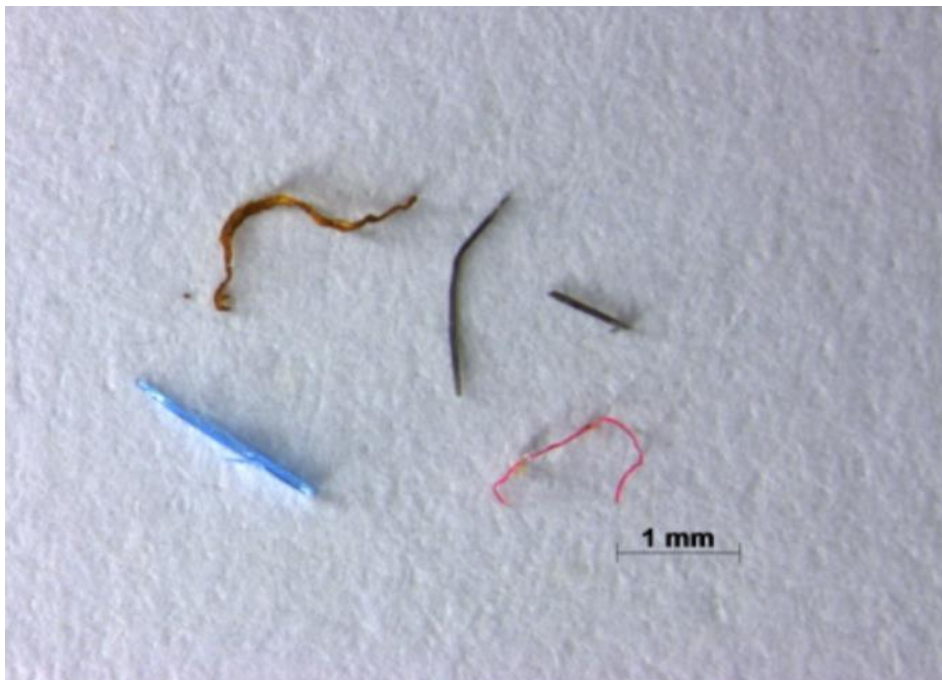
Fuente: Viršek et al. (2016).





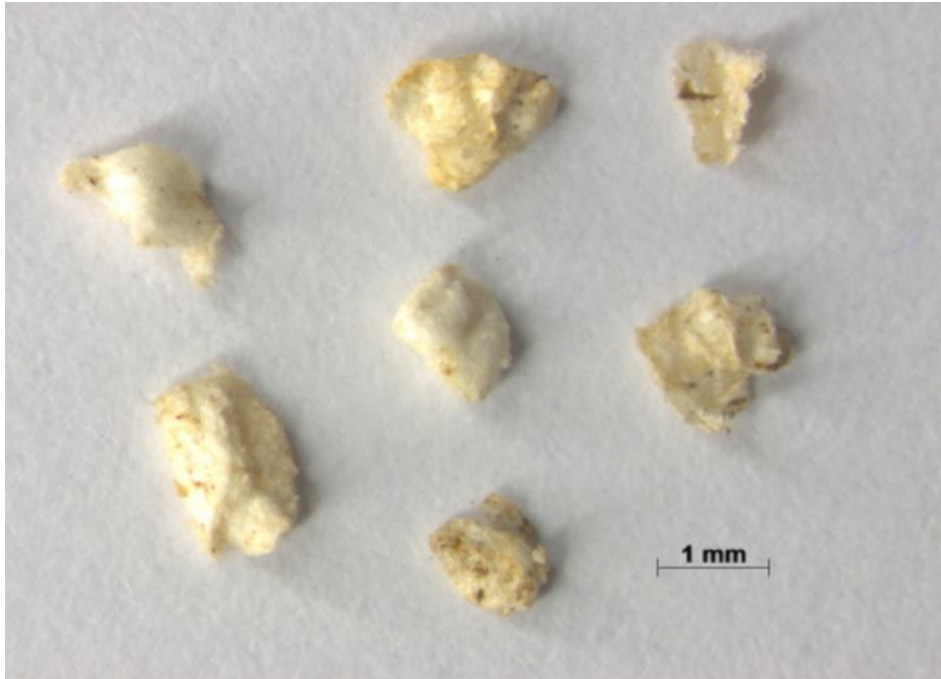
**Figura 12.** Microplásticos de la categoría gránulos.

Fuente: Viršek et al. (2016).



**Figura 13.** Microplásticos de la categoría filamentos.

Fuente: Viršek et al. (2016).

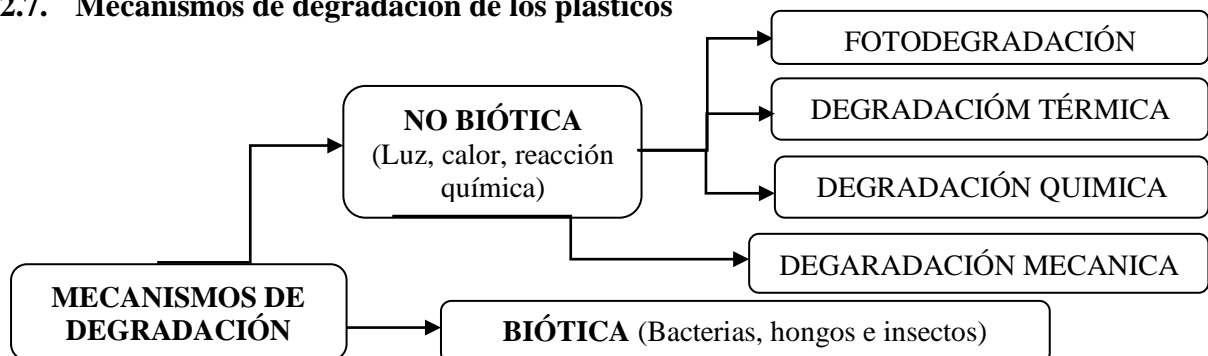


**Figura 14.** Microplásticos de la categoría espumas.

Fuente: Viršek et al. (2016).

Los fragmentos son rígidos, con bordes torcidos afilados y de formas irregulares, con espesor y una gran variedad de colores. Los films tienen forma irregular, delgados y flexibles y generalmente son transparentes. Los pellets tienen forma irregular, redondeados y grandes y comúnmente son planos en un lado y con variedad de colores. Los gránulos y en comparación con los pellets, tienen forma regular redonda y generalmente de un tamaño menor, alrededor de 1 mm y aparecen en colores naturales (blanco, beige, marrón). Los filamentos pueden ser cortos o largos, de diferentes espesores y colores. Y las espumas, provienen de grandes partículas de espumas de polietileno, tienen una forma más suave y son generalmente de color blanco u amarillo (Viršek et al., 2016).

## 2.7. Mecanismos de degradación de los plásticos



**Figura 15.** Principales mecanismos de degradación de los plásticos.

Fuente: García (2022).

### **2.7.1. No biótica**

#### **- Fotodegradación**

Es el proceso más significativo y que inicia la degradación. La radiación ultravioleta UV-B (longitudes de onda entre 290 y 315 nm) y UV-A (315 a 400 nm) proporcionan energía a los plásticos (García, 2022).

#### **- Degradación térmica**

Sucede cuando los plásticos se degradan como consecuencia de la energía que reciben al estar expuestos a altas temperaturas. Esta temperatura está influenciada por las características térmicas del polímero y la cantidad de oxígeno disponible (Crawford & Quinn, 2017).

#### **- Degradación química**

Algunos contaminantes presentes en la atmósfera (ozono, O<sub>3</sub>; dióxido de azufre, SO<sub>2</sub>; dióxido de nitrógeno, NO<sub>2</sub> y COV. Algunos plásticos pueden estar en contacto con estos contaminantes y forman radicales mediante reacciones fotoquímicas y esto provoca su degradación (Crawford & Quinn, 2017). Al entrar en contacto con estos contaminantes, los dobles enlaces C=C de los polímeros insaturados se rompen, fracturando la cadena y liberando radicales. En el medio acuático, el pH y la salinidad del agua contribuye en la degradación de los plásticos (Liu et al., 2019).

#### **- Degradación mecánica**

Cuando se encuentran en el medio ambiente, los plásticos pueden descomponerse por la acción de fuerzas externas (colisión y abrasión con las rocas y arenas debido al viento y las olas del mar, congelación y descongelación, etc) (Pal et al., 2018).

Cuando el plástico se encuentra en el ambiente, pueden descomponerse por las fuerzas externas (colisión y abrasión con las rocas y arenas debido al viento, congelación y descongelación, etc) (Pal et al., 2018).

### **2.7.2. Degradación biótica**

La degradación biótica es realizado por microorganismos en su mayoría bacterias, hongos e insectos. Lo pueden hacer por la forma física (mordedura, masticación o fragmentación en el proceso digestivo) o biológica (procesos bioquímicos) (Crawford & Quinn, 2017).

## **2.8. Propiedades que influyen en el transporte y sedimentación de los microplásticos**

Las propiedades intrínsecas del microplásticos (tamaño, forma y densidad) influyen significativamente en el destino y transporte, como por ejemplo en el polietileno, el polipropileno, el poliestireno y el poliuretano tienen una densidad inferior a  $1 \text{ g/cm}^3$  (baja densidad) permanecen suspendidos en ambientes acuáticos debido a la fuerza de flotación es debido a que el agua y otros fluidos ejercen una fuerza hacia arriba sobre un cuerpo sumergido (Horton & Dixon, 2018). Y los microplásticos de alta densidad pueden deslizarse, rodar y rebotar intermitentemente y depositarse en el lecho del río a bajas velocidades de flujo por la fuerza de la gravedad y las fuerzas de arrastre (Nizzetto et al., 2016).

En los ecosistemas acuáticos, la deposición y transporte de microplásticos en los sedimentos y en el agua están relacionados por las características hidrológicas, lluvias o tormentas, morfología del canal fluvial, las condiciones hidráulicas, las propiedades físicas de los microplásticos y el comportamiento hidrodinámico de los microplásticos (Yan et al., 2021; Zhang et al., 2020; Mani & Burkhardt, 2020).

Actualmente, no se ha estudiado la influencia de las condiciones ambientales del agua en el comportamiento del transporte (Waldman & Rilling, 2020), los cambios de densidad, forma y diámetro (Waldschläger, 2020) y la rugosidad de la superficie de los microplásticos en el medio fluvial (Pauli et al., 2017).

## **2.9. Microplásticos en plantas de aguas residuales**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales son consideradas como fuente puntual importante de contaminación por microplásticos (Mintenig et al., 2017).

En las plantas de aguas residuales domésticas se encuentran los microplásticos de forma de resinas o microesferas plásticas ya que son un insumo de los productos de cuidado personal y limpieza (Fendall & Sewell, 2009).

Mediante experimentos se encontró que en las muestras de aguas residuales de las lavadoras domésticas produce en promedio más de 1900 fibras por cada ciclo de lavado. (Browne et al., 2011). Lo que proporciona evidencia de que las aguas residuales producto del lavado de ropa que contienen microfibras y son fuentes sustanciales de microplásticos en las aguas costeras. (Lindeque et al., 2020). El rayón (biopolímero), el polipropileno y el poliéster se usan ampliamente en los textiles (Lindeque et al., 2020).

## 2.10. Microplásticos en vertederos controlados y a cielo abierto

El vertedero a cielo abierto, consiste simplemente en amontonar los desechos en un terreno vacío (Ali et al., 2014). Este método tiene una mayor probabilidad de transportar contaminantes al entorno circundante (He et al., 2019 & Sun et al., 2021).

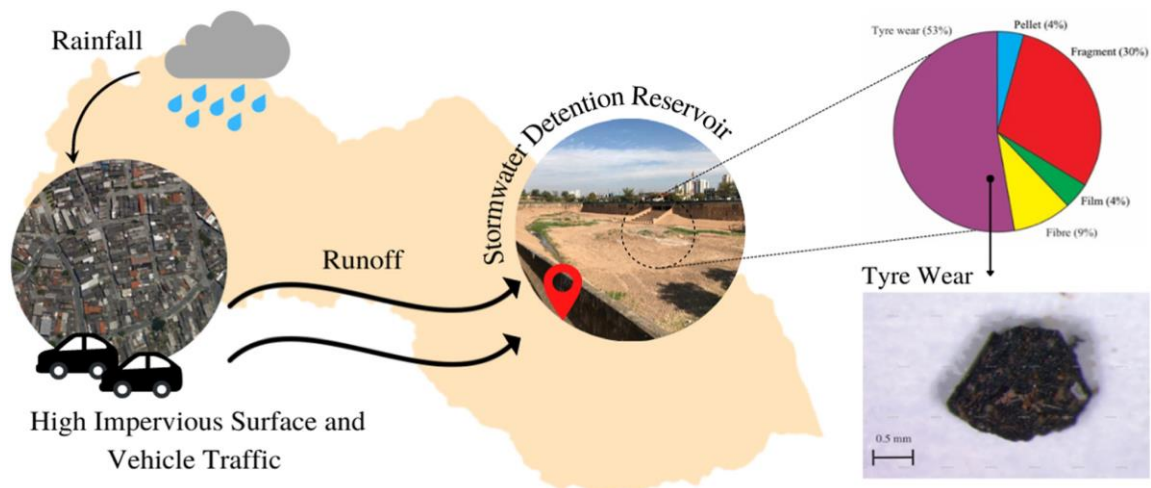
Los vertederos controlados y vertederos a cielo abierto, son dos fuentes principales de microplásticos. La concentración de microplásticos liberados por los vertederos a cielo abierto es ligeramente superior a los rellenos sanitarios o vertederos controlados (Nayahi et al., 2022).

La generación, acumulación y liberación de microplásticos en los vertederos es un proceso que se da a largo plazo. Donde validan que los vertederos no son un sumidero final del plástico, sino una fuente potencial de microplásticos. (He et al., 2019).

En un vertedero de residuos sólidos a cielo abierto tiene una mayor influencia de la luz solar en los residuos sólidos, es la ruta más rápida y el primer paso para descomponer los plásticos, ya que induce una rápida meteorización. Esto hace que los microplásticos tengan mayor concentración, pero estos microplásticos también pueden ingresar al suelo, aire, aguas subterráneas y cuerpos de agua, porque no hay un control en el vertimiento (Tun et al., 2022).

La cantidad de microplásticos aumentaron según disminuían de tamaño. La predominancia de pequeñas partículas plásticas indica que la fragmentación en los vertederos es severa y que son más fáciles de transportarse por los lixiviados (He et al., 2019).

## 2.11. Microplásticos y partículas de desgaste de neumáticos



**Figura 8.** Mecanismo de transporte de microplásticos por el desgaste de los neumáticos

Fuente: Goehler et al. (2022).

La alta superficie impermeable y tráfico de vehículos hace posible el desgaste de los neumáticos y la emisión de partículas plásticas de neumáticos al ambiente. Además, el fácil transporte por escorrentía superficial por los frecuentes eventos de lluvia, hace posible que estos microplásticos se depositen en las canaletas de aguas pluviales y así lleguen a los ríos u otro medio receptor (Goehler et al., 2022). Además, el desgaste de los neumáticos, liberan partículas plásticas con forma alargadas de color negro y con un tamaño promedio entre 20 y 200  $\mu\text{m}$  (Kreider et al., 2010 & Sommer et al., 2018). No obstante, se han reportado en forma de fragmentos de color negro (Hassellöv et al., 2018; Kovochich et al., 2021; Rausch et al., 2022).

### **2.12. Microplásticos en el aire**

Los microplásticos se encuentran en el aire exterior, como el aire interior, en concentraciones que van desde 0,3 a 1,5 fibras/ $\text{m}^3$  o de 1 a 60 fibras/ $\text{m}^3$  (Dris et al., 2017). A causa de su pequeño tamaño y baja densidad, los microplásticos son fácilmente transportados por el viento y pueden persistir en la atmosfera y ser transportados por la lluvia al suelo y/o cuerpos de agua, a través del sistema de drenaje pluvial (Dris et al., 2016). Se han encontrado microplásticos de tipo fibra en la lluvia y en el aire atmosférico, con una deposición máxima de 355 MPs/ $\text{m}^2/\text{día}$  en áreas urbanas (Dris et al., 2016).

### **2.13. Degradación de la materia orgánica en los microplásticos**

Nuelle et al. (2014) & Qiu et al. (2016) señalan que para la degradación de la materia orgánica existen diversas técnicas, tales como la degradación ácida, degradación enzimática, degradación de álcalis y agentes oxidantes cada uno con sus respectivas ventajas y desventajas, en el caso del ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) se usa ampliamente para disolver la materia orgánica de muestras como peces y crustáceos, con una eficiencia superior al 98%.

Nuelle et al. (2014) comparan la eficiencia del HCl y peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) en la degradación de la materia orgánica en muestras de sedimento, concluyendo que el peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) tiene resultados superiores al HCl.

Miller et al. (2017) & Felsing et al. (2018) sugieren reducir la materia orgánica, material biológico y minerales que se encuentren en las muestras, ya que a menudo se confunden con microplásticos, lo que lleva a una sobre estimación de ellos, dificultando en el proceso de filtración, observación en microscopio y en la identificación espectral. Por lo que

hay la necesidad de reducir la materia orgánica sin cambiar la integridad estructural o química de los polímeros.

#### **2.14. Separación de los microplásticos por diferencia de densidades**

En la mayoría de los estudios consultados utilizan el protocolo desarrollado por Masura et al. (2015) *Métodos de Laboratorio para el Análisis de Microplásticos en el Medio Marino: Recomendaciones para cuantificar partículas sintéticas en aguas y sedimentos*. Al haber diferencia de densidades se puede realizar la separación de los polímeros al introducirlos en un medio acuoso de solución saturada cuya densidad sea mayor a ellos, por lo que flotan dejando en el fondo de la solución partículas que no son de interés (Toledo, 2019). La separación de densidades lo realizan utilizando una solución saturada de NaCl (1,2 kg/L) este método solo extrae partículas plásticas con densidades menores a  $1.2 \text{ g/cm}^3$  tales como PE, PS, Nylon, PVC y mezclas de ellos, de tamaño entre 200 y 400  $\mu\text{m}$  y para las partículas plásticas con densidad mayores a  $1.2 \text{ g/cm}^3$ , tales como PET, PVC o POM recomienda utilizar soluciones saturadas de NaCl de densidad  $1.8 \text{ g/cm}^3$ , CsCl ( $1.9 \text{ g/cm}^3$ ), KI al 50% y NaI ( $1.8 \text{ g/cm}^3$ ) (Kunz, 2016; Crawford & Quinn, 2017; Manrique, 2019).

Thompson et al. (2004) estudiaron la metodología de extracción sucesiva de microplásticos con NaCl para indagar la eficiencia de separación de ellos y determinaron que la eficiencia de extracción de polietileno era de un 61% en la primera extracción, 83% para la segunda y 93% en la tercera. En muestras de arena de playa, determinaron que el porcentaje de extracción de MPs incrementaba desde la primera extracción 30.2%, para la segunda 62.8%, a la tercera 83% y cuarta 93.3% (Besley et al., 2017). Y Manrique (2019) determino una eficiencia entre 85 y 90% para los MPs con una densidad menor a  $1.2 \text{ g/cm}^3$ . Hidalgo-Ruz et al. (2012) sugiere realizar hasta tres extracciones sucesivas para aumentar el porcentaje de recuperación de microplásticos.

#### **2.15. Caracterización de los residuos sólidos en la zona de estudio**

La composición general de los residuos sólidos municipales del distrito de Rupa Rupa, los plásticos representan un 11,95%, bolsas de un solo uso el 6,48%, Tecnopor el 1,72% y envoltura de galletas y caramelos el 2,80%, sumando en total un 22,95% y la generación total en el distrito de Rupa Rupa es de 42,38 Tn/día. Por lo cual, se produce en el distrito de Rupa Rupa un total de 9.37 Tn/día de residuos sólidos de composición plástica (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2021).

La composición general de los residuos sólidos municipales del distrito de Castillo Grande, los plásticos representan un 11,66%, bolsas de un solo uso el 7,55%, Tecnopor el 1,89% y envoltura de galletas y caramelos el 1,52%, sumando en total un 22,62% y la generación total en el distrito de Castillo Grande es de 7,11Tn/día. Por lo cual, se produce en el distrito de Castillo Grande un total de 1,61 Tn/día de residuos sólidos de composición plástica (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2021).

La composición general de los residuos sólidos municipales del distrito de Mariano Damaso Beraun, los plásticos representan un 15,95%, bolsas de un solo uso el 0,57%, Tecnopor el 0,71% y envoltura de galletas y caramelos el 1,08%, sumando en total un 18,31% y la generación total en el distrito de Mariano Damaso Beraun es de 3,85 Tn/día. Por lo cual, se produce en el distrito de Mariano Damaso Beraun un total de 0,70 Tn/día de residuos sólidos de composición plástica (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2021) y (Osorio, 2019).

La composición general de los residuos sólidos municipales del distrito de Luyando, los plásticos representan un 15,95%, bolsas de un solo uso el 0,57%, Tecnopor el 0,71% y envoltura de galletas y caramelos el 1,08%, sumando en total un 18,31% y la generación total en el distrito de Mariano Damaso Beraun es de 3,85 Tn/día. Por lo cual, se produce en el distrito de Mariano Damaso Beraun un total de 0,70 Tn/día de residuos sólidos de composición plástica (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2021) y (Osorio, 2019).

En total se genera aproximadamente en los tres distritos un total de 11,68 Tn/día de residuos sólidos de composición plástica.

En el estudio de caracterización de residuos sólidos de la provincia de Leoncio Prado, donde según el tipo de residuos sólidos inorgánicos con respecto al plástico, hay siete tipos de plásticos, los cuales son el PET-Tereftalato de polietileno, PEAD-Polietileno de alta densidad, PEBD-Polietileno de baja densidad, PP-Polipropileno, PS-Poliestireno, PVC-Policloruro de vinilo y EPS- Poliestireno expandido (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2021).

## **2.16. Fuentes contaminantes de la cuenca del río Huallaga**

La Autoridad Nacional del Agua [ANA], (2018) ha identificado desde la jurisdicción de la Administración Local del agua Pasco, Alto Huallaga y Tingo María un total de 77 fuentes de contaminación por aguas residuales municipales, 36 fuentes de aguas



residuales domésticos, 27 fuentes de contaminación por residuos sólidos y 2 pasivos ambientales y 29 fuentes contaminantes categorizados como otros. Estas fuentes contaminantes son arrojadas directamente al río Huallaga y/o por ríos tributarios al río Huallaga.

En el tramo Tambillo – Moyuna el río Huallaga recorre sus aguas por la margen derecha donde se encuentran los AA. HH de Las Orquídeas, Afilador, Portales de la Bella y Brisas del Huallaga; el Centro Poblado de Afilador, las Lotizaciones de Villa Potokar, Villa Piña y Santa Fidelity y la Asociación de Vivienda Costa Verde y pasando el puente Corpac se encuentra la Asociación Alfonso Ugarte, AA. HH Alberto Fujimori, Asociación de vivienda quebrada Cushuro, Asociación de vivienda Tomislavo Zecevich, AA.HH Keiko Sofia y AA.HH. 9 de octubre sector Miraflores. Al margen izquierdo, pasando el Puente Corpac se encuentra la Asociación de viviendas José Abelardo Quiñones y Los Laureles.

## 2.17. Coeficiente de correlación

**Tabla 6.** Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Spearman y/o Pearson según las sugerencias de Mayorga (2022)

Coeficiente rho	Interpretación
0	Relación nula
$\pm 0,00 < \text{rho} / r < 0,19\dots$	Relación muy baja
$\pm 0,200 < \text{rho}/r < 0,39\dots$	Relación baja
$\pm 0,400 < \text{rho}/r < 0,59\dots$	Relación moderada
$\pm 0,600 < \text{rho}/r < 0,79\dots$	Relación alta
$\pm 0,800 < \text{rho}/r < 0,99\dots$	Relación muy alta
$\pm 1$	Relación perfecta

Fuente: Mayorga (2022).

El coeficiente de correlación de Spearman “rho” y/o Pearson “r” comprende valores de -1 a +1. Donde el 0 significa que la relación es nula, es decir, el comportamiento de una variable no se relaciona con el comportamiento de otra variable. La relación perfecta comprende un valor de -1 o + 1, lo que indica que al saber el valor de una variable sería posible determina el valor de otra variable. Mientras más cercano sea el coeficiente de relación a -1 o + 1, mayor es la fuerza de asociación. La relación puede ser directa (+) o inversa (-) (Mayorga, 2022).

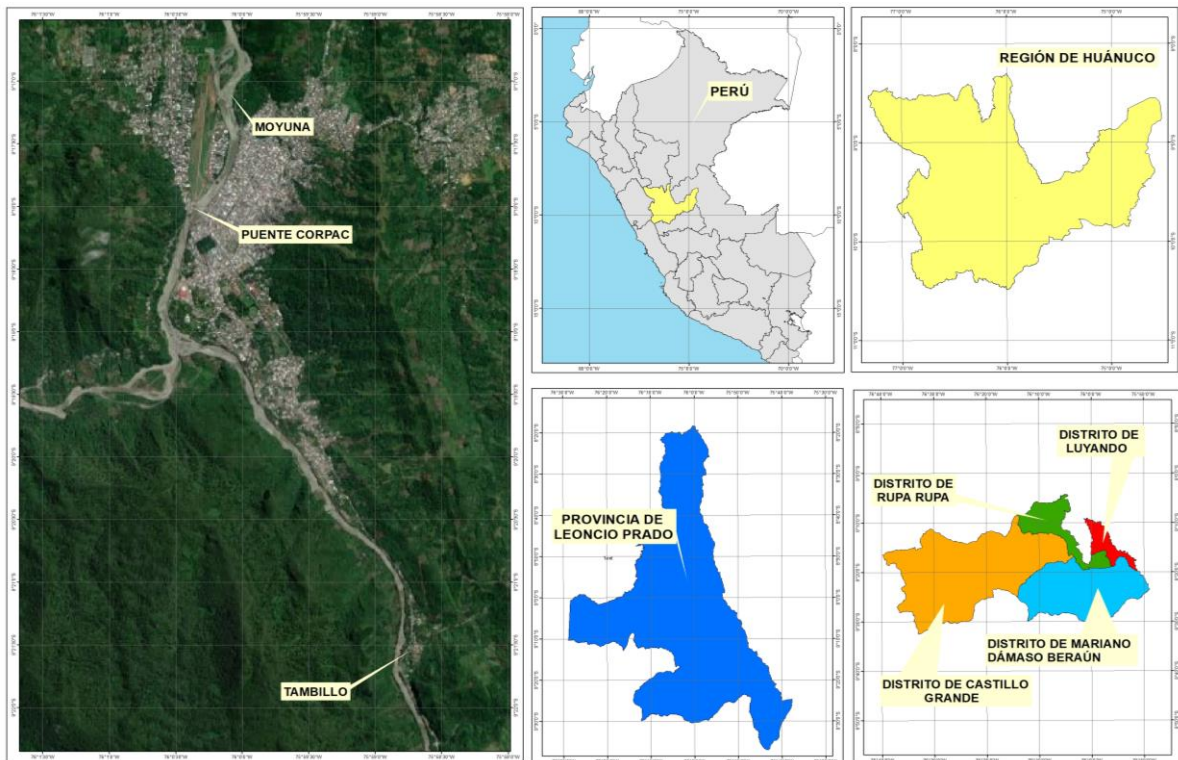
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el río Huallaga, específicamente en el tramo de Tambillo -Moyuna, donde se ubicaron los tres puntos de muestreo “Tambillo, Puente Corpac y Moyuna”. Dichos puntos se tomaron de la red de muestreo de la Administración Local del Agua Tingo María. Las evaluaciones se realizaron en los meses de febrero y marzo en la época de avenida y en agosto y setiembre en la época de estiaje del 2020. La Longitud del tramo de Tambillo a Moyuna es 16.47 km.

##### 3.1.1. Ubicación política

- Región: Huánuco
- Provincia: Leoncio Prado
- Distrito: Rupa Rupa, Castillo Grande, Mariano Damaso Beraun y Luyando.



**Figura 9.** Ubicación de los puntos de muestreo del tramo Tambillo -Moyuna del río Huallaga.

Se considera cuatro distritos en el área de estudio, dado que geográficamente el estudio se realizó en el río Huallaga, en el tramo de Tambillo – Moyuna, donde transcurre por dichos distritos. En el caso del punto de muestreo Tambillo, se encuentra en el Centro Poblado Tambillo que pertenece al distrito de Mariano Damaso Beraun, en el punto de muestreo Puente Corpac, por el margen derecho del río se encuentra el distrito de Rupa Rupa y por el margen izquierdo el distrito Castillo Grande y el punto de muestreo Moyuna se encuentra en el distrito de Rupa Rupa. Además, el distrito de Luyando tenía como disposición de residuos sólidos el ex botadero la Moyuna. Asimismo, el distrito de Mariano Damaso Beraun, Rupa Rupa y Castillo Grande.

### 3.1.2. Ubicación geográfica

Los puntos de muestreo se encuentran en las siguientes coordenadas UTM.

**Tabla 7.** Ubicación de los puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Código	Coordenadas UTM		Descripción
		Este	Norte	
Tambillo	TB	393165	8959892	Río Huallaga, aproximadamente a 150 m después de tributar el río Tambillo al río Huallaga (margen derecha).
Puente Corpac	PC	389451	8971677	Río Huallaga, aproximadamente a 50 m aguas abajo del puente CORPAC (margen izquierda).
Moyuna	MO	390094	8974377	Río Huallaga, aproximadamente a 200 m aguas abajo del ex botadero de residuos sólidos "La Moyuna" (margen derecha).

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018).

### 3.1.3. Clima

Según el Mapa de clasificación climática Nacional - Climas del Perú, indica que la estación Tulumayo (640 m s. n. m.) en la provincia de Leoncio Prado presenta un clima tipo A(r)A, clima cálido - lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año (Castro et al., 2021).

#### **3.1.4. Hidrografía**

El río Huallaga nace en la laguna Tauli a 4350 msnm, en la parte alta de Cerro Pasco, cruza las regiones de Pasco, Huánuco, San Martín, Loreto y recibe los afluentes de la Libertad y Amazona y desemboca en el río Marañón. Tiene una longitud de 1080 km y el área de la cuenca es 89 000 000 km<sup>2</sup> (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2012). Sus principales afluentes del río Huallaga dentro de la provincia son los ríos: Monzón, Cuchara, Supte Grande, Tulumayo, Bolina, Río Negro, Cargatambo, Las Pavas, Tambillo, Las Palmas, Tres de Mayo, Cayumba, Topa, Huayhuantillo, Huayhuante, Marona, Flores de Belén, Trampolín, entre otros (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2018).

En su recorrido el río Huallaga, cuando llega a la zona de Ambo, el río Huallaga recibe los afluentes de los ríos: Tingo, Condoraga, Chaupihuananga, Coquín y Quío. En las inmediaciones de las alturas de Huánuco, recibe las aguas de los ríos: Huancachupa, Higuera, Garbanza, Chinobamba y Acomayo. Igualmente recibe por su lado derecho caudales provenientes de quebradas y lagunas que se encuentran situadas al sureste de la ciudad de Huánuco (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2012).

#### **3.1.5. Población**

La población total del distrito de Rupa es de 53 737 habitantes. En el distrito Castillo Grande es de 12 566 habitantes y Mariano Damaso Beraun 9 379 habitantes y Luyando 9330 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017). Se considera estos cuatro distritos dado que geográficamente el transecto en estudio transcurre por dichos distritos. En el caso de Tambillo, se encuentra en el Centro Poblado Tambillo que pertenece al distrito de Mariano Damaso Beraun,

#### **3.1.6. Actividad económica**

La población de la provincia de Leoncio Prado se dedica a la agricultura, caza y silvicultura el 23,96%; comercio el 15,89%; servicios gubernamentales el 13,42%; transporte y comunicaciones el 12,87%; manufactura el 9,7%; restaurantes y hoteles el 4,8%; construcción el 4,1% y a la minería el 3,1% (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017).

## **3.2. Materiales y métodos**

### **3.2.1. Materiales**

Cadena de custodia, cuaderno de campo y laboratorio, etiquetas de campo, papel toalla interfoliada, bolsas ziploc, papel de aluminio, mascarilla, bata de laboratorio, guantes quirúrgicos de nitrilo, pala metálica, recipiente de vidrio de boca ancha 1L, espátula de metal, pinza metálica punta fina, tamices de acero inoxidable de malla de 63um, 180um, 500um, 4,7 mm, mortero de porcelana, pistilo, matraz Erlenmeyer, bagueta de vidrio, placas Petri, vasos precipitados, probeta, magneto recubierto de teflón, papel filtro número 40.

### **3.2.2. Equipos**

Equipo portátil de Procesamiento Global marca GARMIN modelo MAP 64S, cámara fotográfica NIKON D3500, microscopio óptico LEICA DM300, microscopio con conexión USB LEICA DMI1, espectrofotómetro RAMAN CONFOCAL marca HORIBA modelo XPLOA PLUS-RAMAN MICROSCOPIO, cocinilla, tamizador electromagnético AS 300 CONTROL, Agitador electromagnético modelo Q307-22P, balanza analítica digital marca SARTORIUS modelo CUBIS y portable.

### **3.2.3. Reactivos**

Peróxido de hidrógeno al 30% y cloruro de sodio al 99%.

## **3.3. Metodología**

El método de muestreo es el no probabilístico por criterio y conveniencia.

En el momento que se inicio con la investigación en el Perú y a nivel internacional no se contaba con un protocolo o metodología para la planificación, muestreo, análisis e identificación de microplásticos en agua y sedimento en ríos, por lo que tampoco hay limites máximos permisibles para tener como referencia sobre la cantidad máxima permitida en los medios naturales mencionados anteriormente, pero si hay protocolos y metodologías de muestreo y análisis de microplásticos para ambientes marinos y de los cuales, muchas investigaciones lo han adaptado para cuerpos de agua dulce.

### 3.3.1. Reconocimiento y descripción de los puntos de monitoreo.

#### 1) punto de muestreo “Tambillo”

El punto de muestreo “Tambillo” se encuentra en el río Huallaga, aproximadamente a 150 m después de tributar el río Tambillo al río Huallaga (margen derecha), en el Centro Poblado Tambillo Grande en el distrito de Mariano Damaso Beraun a 14 km de la Ciudad de Tingo María. Se evidencio en el río Tambillo Grande, residuos sólidos domiciliarios en la rivera y cauce del río. Además, se encontró residuos peligrosos (envases de fertilizantes, pesticidas y herbicidas) y se observó el desborde de aguas residuales en los pozos de alcantarillado y la filtración directa al río Huallaga. En la época estiaje se encontró en el punto de muestreo y a sus alrededores un ex botadero enterrado de residuos sólidos de la I.E Tambillo Grande.



**Figura 10.** Punto de muestreo Tambillo.

#### 2) Punto de muestreo “Puente Corpac”

El punto de muestreo “Puente Corpac” se encuentra en el río Huallaga, aproximadamente a 50 m aguas abajo del Puente Corpac (margen izquierda). En el margen derecho e izquierdo del río se encuentran viviendas asentadas en la orilla del río Huallaga. Se evidencio un punto de acumulación de residuos sólidos domiciliario en el punto de muestreo en la época de estiaje y vertimiento de aguas residuales domiciliarios directo al río Huallaga.



**Figura 11.** Punto de muestreo Puente Corpac.

### **3) Punto de muestreo “Moyuna”**

El punto de muestreo “Moyuna” se encuentra en el río Huallaga, aproximadamente a 200m aguas abajo del ex botadero de residuos sólidos "La Moyuna" (margen derecha). Tiene más de 30 años de antigüedad, recibía hasta 35 toneladas de residuos sólidos al día. Sumado a ello, los residuos hospitalarios, que eran vertidos directamente al río Huallaga. (Organismos de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014). En el momento de la toma de muestra aún estaba operativo dicho botadero.



**Figura 12.** Punto de muestreo Moyuna.

### **3.3.2. Recolección de muestras de agua y sedimento**

Para la toma de muestra de agua se siguió el Protocolo Nacional para el Muestreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Autoridad Nacional del agua [ANA], 2016). En cada punto de muestreo, se eligió aleatoriamente dos puntos para la colecta de la muestra de agua, a una distancia de 10 m de una con la otra, es decir se tomó dos muestras de agua de un litro cada una, sumergiendo un envase de vidrio esterilizado a una profundidad de 30 cm de la superficie del río. La tapa se abrió y cerró cuando fue sumergido el envase para evitar la contaminación de las muestras por microplásticos que se encuentran en el aire.

Manrique (2019) indica que, para la toma de muestra de sedimento, la prioridad es trazar un transecto perpendicular al río o un transecto paralelo al margen accesible del río, y sugiere que en el caso que no se pueda ingresar al lugar por la seguridad de los equipos y/o del investigador, se deberá extraer las muestras de forma aleatoria en la superficie disponible.

Dado que el primer muestreo fue en la época de avenida, el río Huallaga se encontraba crecido por las intensas lluvias, por ello se optó por tomar muestras aleatorias de sedimento disponible. En cada punto de muestreo se escogió aleatoriamente cuatro puntos para la colecta de sedimento de un área superficial aproximada de 20 cm x 20 cm, a una profundidad de 5 cm y la muestra se extrajo con la ayuda de una pala metálica, de cada punto se tomó aproximadamente 1 kg de sedimento y las cuatro muestras se mezclaron homogéneamente y cuartearon, se seleccionó las dos cuartas partes (2kg aproximadamente) para llevar al laboratorio. Las muestras de sedimento fueron transvasados a unas bolsas de aluminio y luego a unas bolsas herméticas de polietileno (Manrique, 2019).

Para el punto de muestreo Tambillo y Moyuna se tomaron las muestras de sedimento al margen derecho del río Huallaga y para el Puente Corpac al margen izquierdo. Además, se registraron las coordenadas UTM de cada punto de muestreo con un GPS, se rellenó las fichas de campo y tomaron fotografías de cada punto de muestreo.

### **3.3.3. Protocolo de prevención por contaminación de microplásticos.**

Consistió en lavar los materiales de laboratorio con agua destilada y dichos materiales fueron secado en horno a 105 °C, la boca de los vasos precipitados y matraces fueron cubiertos con papel aluminio. Se limpió el área de trabajo y equipos con



papel humedecido con agua destilada. Asimismo, los reactivos químicos se filtraron en papel Whatman antes de su uso. Por último, se usó una bata de laboratorio (algodón) y guantes de látex (Woodall et al., 2014).

### **3.3.4. Determinación de la relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.**

#### **1) Concentración de microplásticos en sedimento**

Se utilizó el protocolo desarrollado por Masura et al. (2015) “Métodos de Laboratorio para el Análisis de Microplásticos en el Medio Marino: Recomendaciones para cuantificar partículas sintéticas en aguas y sedimentos. Además, se empleó la metodología de Manrique (2019).

##### **a) Secado de muestras.**

Se empleó el método “horno de secado” (ASTM, 2001), donde las muestras de sedimento fueron colocadas en vasos precipitados (250 ml) y cubierto con papel aluminio a 90°C en una estufa por 24 horas a más, hasta obtener peso constante, luego fueron triturados con pistilo en el mortero (Masura et al., 2015 & Manrique, 2019).

##### **b) Separación granulométrica.**

Se empleó el método “granulométrico” Se trabajó con cuatro intervalos de tamaño (0-68µm; 68µm - 180µm; 180µm - 500µm y 500µm - 4,7mm). Se usó el tamizador electromagnético con diferentes tamaños de malla de los tamices. El tamaño de la malla se eligió según la disponibilidad de los tamices del laboratorio (Manrique, 2019).

##### **c) Degradación de la materia orgánica**

De cada intervalo de tamaño de muestra de sedimento, se tomó dos muestras de 100g y se trasvaso cada muestra a un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Se empleó el método de “degradación oxidativa”. Se agregó 20 ml de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30%, se dejó reposar durante 24 horas (Masura et al., 2015). Se observó restos de materia orgánica. Por ello, se dejó reposar por 7 días a temperatura ambiente (Nuelle et al., 2014).

#### **d) Separación por diferencia de densidades y filtración.**

Se empleó el método de separación por diferencia de densidades con una solución saturada de NaCl (1,2 kg NaCl/L) (Kunz, 2016; Crawford & Quinn, 2017; Manrique, 2019). Después de la degradación de la materia orgánica, a cada matraz Erlenmeyer se le añadió la disolución de NaCl, hasta que el nivel de la disolución llegue a 1cm antes de la parte superior (210 – 240 ml). Se colocó papel aluminio en la boca del matraz y se agito vigorosamente por 5 minutos a 1200 rpm en el agitador magnético. El procedimiento anterior se repitió tres veces para cada muestra, para la primera y segunda se dejó reposar por una hora y en la tercera se dejó reposar por toda una noche para aumentar el porcentaje de recuperación de microplásticos (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Luego, se empleó el método de “filtración” para cada muestra se filtró el sobrenadante o material flotante con un papel filtro Whatman N°41. Se colocó el papel filtro en una placa Petri y dejó secar a 50 °C por toda la noche.

Este procedimiento solo es capaz de extraer microplásticos con densidad inferior a 1,2 g/cm<sup>3</sup> (Manrique, 2019). Por ello, se utilizó otra solución saturada de NaCl a 1,8 kg/L para extraer los plásticos de mayores densidades (Kunz, 2016; Crawford & Quinn, 2017; Manrique, 2019).

La concentración de microplásticos en sedimento se expresó en número de microplásticos por kilogramo de sedimento con su respectivo coeficiente de variación en porcentaje (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras [INVEMAR], 2017).

## **2) Concentración de microplásticos en agua**

Se utilizó el protocolo “Métodos de Laboratorio para el Análisis de Microplásticos en el Medio Marino: Recomendaciones para cuantificar partículas sintéticas en aguas y sedimentos”, desarrollado por Masura et al. (2015).

De cada punto de muestreo se tomó dos muestras de agua de 1 L cada uno, se mezcló las dos muestras y se separó 500 ml de la muestra y se guardó en dos botellas de vidrio oscuro de 250 ml. Previo a ello, se agregó 10 ml de Peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30% a cada botella y se dejó reposar por 24 a 72 horas a temperatura ambiente y en oscuridad, para la degradación de la materia orgánica (Nuelle et al., 2014 y Masura et al., 2015). Después, se realizó la separación por diferencia de densidades con NaCl (1,2kg NaCl/L). Posteriormente las muestras se filtraron con papel Whatman N°41 y en seguida fueron colocados en placas Petri esterilizadas y se dejó secar a 50 °C durante 24 horas en una

estufa (Manrique, 2019). Se empleó el método de degradación oxidativa, separación por diferencia de densidades y filtración.

La concentración de microplásticos en el agua se expresó en número de microplásticos por litro de agua con su respectivo coeficiente de variación en porcentaje (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras [INVEMAR], 2017).

### **3) Análisis estadístico**

Estadística descriptiva: Se determinó el promedio de microplásticos por época por cada punto de muestreo y el coeficiente de variación (%). Además, se determinó el mínimo, máximo y desviación estándar.

Estadística inferencial: Primero se realizó un test de normalidad con (Shapiro-Wilk  $n < 50$ ) y cuando el Sig (p valor)  $> 0,005$ : No rechazar  $H_0$  (normal) y Sig (p valor)  $< 0,005$ : Rechazar  $H_0$  (no normal). Para determinar la relación o grado de asociación entre las variables se usó el coeficiente de correlación de Spearman, donde se observó el valor del Sig. (bilateral) o p valores, con el fin de aceptar o rechazar la hipótesis de la investigación, si  $p \leq 0.05$  se rechaza  $H_0$ , y acepta la  $H_a$  con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha = 5\% = 0.05$ ), indicando si hay relación entre las variables, luego se observa el coeficiente rho de Spearman en donde este indica el grado de relación entre las variables.

$H_0$ : No existe relación significativa entre los microplásticos en sedimento – agua en las épocas de avenida y estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, 2020.

$H_a$ : Existe relación significativa entre los microplásticos en sedimento – agua en las épocas de avenida y estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, 2020.

#### **3.3.5. Determinación de la relación entre los parámetros físicos de los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo-Moyuna.**

##### **1) Forma, color y tamaño.**

Se utiliza la clasificación de los microplásticos según la forma en fragmentos, films, pellets, gránulos, filamentos y espuma, propuesto por Viršek et al. (2016). Además, se siguieron catálogos fotográficos de diferentes tipologías de elementos partículas plásticos y un catálogo fotográfico de elementos naturales (arena, restos de materia

orgánica, etc.) con la finalidad de reducir la incertidumbre en el reconocimiento de los microplásticos. Se clasificaron en colores (blanco, amarillo, azul, transparente, naranja-ámbar, negro, rojo y verde). Con respecto al tamaño de microplásticos en sedimento, se trabajó con intervalos de  $0\mu\text{m}$  -  $68\mu\text{m}$ ;  $68\mu\text{m}$  -  $180\mu\text{m}$ ;  $180\mu\text{m}$  -  $500\mu\text{m}$  y de  $500\mu\text{m}$  a  $4,7\text{ mm}$ . Para determinar el tamaño se utilizó un microscopio conectado a una laptop, mediante el software libre Image J. Se tuvo en cuenta la mayor longitud en el caso de las fibras y para las otras formas se consideró la mayor longitud del largo y ancho y se promedió (Silva-Cavalcanti et al., 2017).

## 2) Análisis estadístico

En la determinación de la relación de los parámetros físicos de los microplásticos en la estadística descriptiva e inferencial se hizo tal como se describe en el

### a) Con respecto al color

Ho: No existe relación significativa entre los colores de microplásticos en sedimento en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, 2020.

Ha: Existe relación significativa entre los colores de microplásticos en sedimento – agua en las épocas de avenida y estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, 2020.

### b) Con respecto al tamaño

Ho: No existe relación significativa entre los tamaños de microplásticos en sedimento en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, 2020.

Ha: Existe relación significativa entre los tamaños de microplásticos en sedimento – agua en las épocas de avenida y estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, 2020.

## 3.3.6. Identificación del tipo de plástico en los sedimentos del río Huallaga en el tramo Tambillo – Moyuna.

### 1) Espectro característico

Se obtuvo fracciones de plástico a partir de la trituración de 9 piezas plásticas comerciales “muestra de polímero”, tales como: Cloruro de polivinilo, nylon – poliamidas, policarbonato, poliestireno, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, polipropileno, PTF – etileno y tereftalato de polietileno. Se obtuvo los espectros Raman en la región de  $0$  a  $4\ 000\text{ cm}^{-1}$  (desplazamiento raman). Las muestras de polímero

fueron colocadas en un portaobjetos y luego irradiaron con un láser de 638nm, con diversos tiempos de exposición. Este procedimiento se hizo con la finalidad de obtener el espectro característico que nos sirvió como referencia en la identificación de los microplásticos obtenidos en sedimento.

## **2) Identificación del compuesto plástico**

Para la identificación del compuesto plástico se utilizó el método espectrométrico. Se llevó 50 muestras solidas de microplásticos de los tres puntos de muestreo en placas Petri al Laboratorio Central de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su análisis en el espectrofotómetro Raman. Se utilizó los espectros característicos y los espectros disponibles en la base de datos del laboratorio con respecto a los espectros de las muestras solidas de microplásticos, donde se comparó y vio la similitud de los picos y bandas del espectro Raman. Los espectros fueron procesados con el tipo de luz monocromática de He-Ne 638 nm, con un objetivo de 50X y para el procesamiento y análisis de datos usaron el software labspec 6 y software Know It all (R) Informatics System 2017, donde en el reporte de resultados identificaron el tipo plástico en sedimento del río Huallaga en el tramo Tambillo – Moyuna.

### **3.4. Criterios de investigación**

#### **3.4.1. Nivel de investigación**

Descriptivo-relacional

#### **3.4.2. Tipo de investigación**

Aplicada

#### **3.4.3. Variable de investigación**

Vx: Microplásticos en sedimento - agua.

Vy: Época de avenida - estiaje.

Variable intermitente: Río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

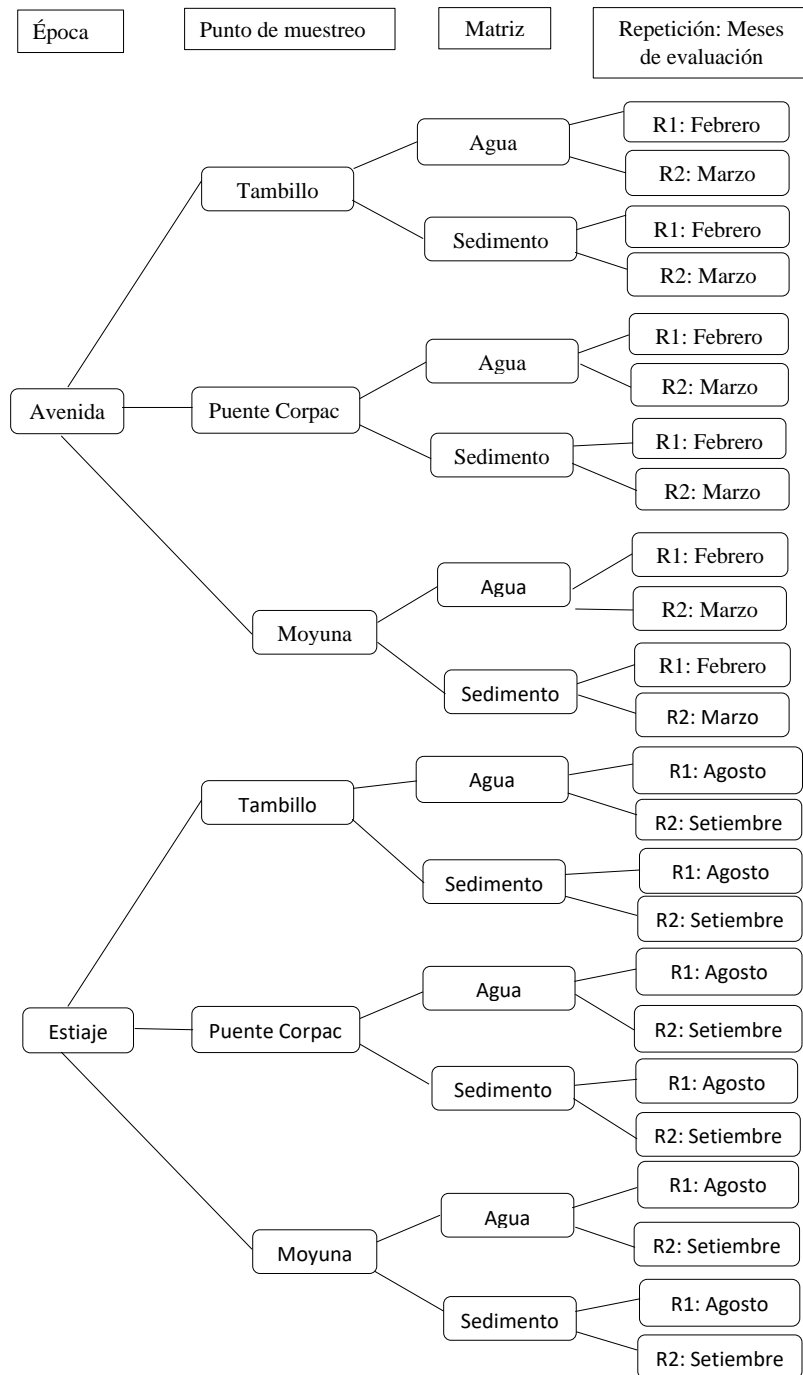
### 3.4.4. Operacionalización de variables

**Tabla 8.** Variable, dimensiones e indicadores.

Variable	Dimensiones	Definición Operacional	Indicadores
x: Microplásticos en sedimento - agua.	Dx1: Concentración de microplásticos.	Partículas de plástico de 0 $\mu$ m a 5mm, que se encuentran asentados en el fondo del cuerpo de agua.	Concentración de microplásticos (MPs/kg) y (MPs/L).
	Dx2: Parámetros físicos de los microplásticos	Partículas de plástico de 0 $\mu$ m a 5mm, que se encuentran suspendidos en el lecho del agua.	Forma Color Tamaño
	Dx3: Tipo de plástico	Los plásticos son materiales sintéticos obtenidos mediante reacciones de polimerización a partir de derivados de petróleo.	–
y: Época de avenida - estiaje.	Dy1: Época de avenida	Caudal máximo que alcanza un río (invierno).	Mes de febrero Mes de marzo
	Dy2: Época de estiaje	Caudal mínimo que alcanza un río (verano).	Mes de agosto Mes de setiembre

### 3.4.5. Diseño de investigación

No experimental de tipo transversal - descriptivo relacional y longitudinal -tendencial.



**Figura 13.** Épocas de evaluación, puntos de muestreo, matriz y repeticiones.

Leyenda: **R1:** Primera repetición y **R2:** segunda repetición.

#### **3.4.6. Técnica e instrumento de relación de datos**

Técnica: observación no experimental

Instrumento: Cuaderno de campo y laboratorio y ficha de cadena de custodia para el monitoreo de microplásticos en sedimento y agua.

#### **3.4.7. Análisis de datos**

Estadística descriptiva: promedio, mínimo, máximo, desviación estándar y coeficiente de variación (%).

Estadística inferencial: determinación del coeficiente de relación de Spearman y Pearson entre los microplásticos en sedimento – agua en las épocas de avenida y estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Determinación de la relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento - agua en las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga en el tramo Tambillo – Moyuna.

**Tabla 9.** Concentración de micro plásticos en sedimento y agua en la época de avenida y estiaje del río Huallaga en el tramo Tambillo-Moyuna.

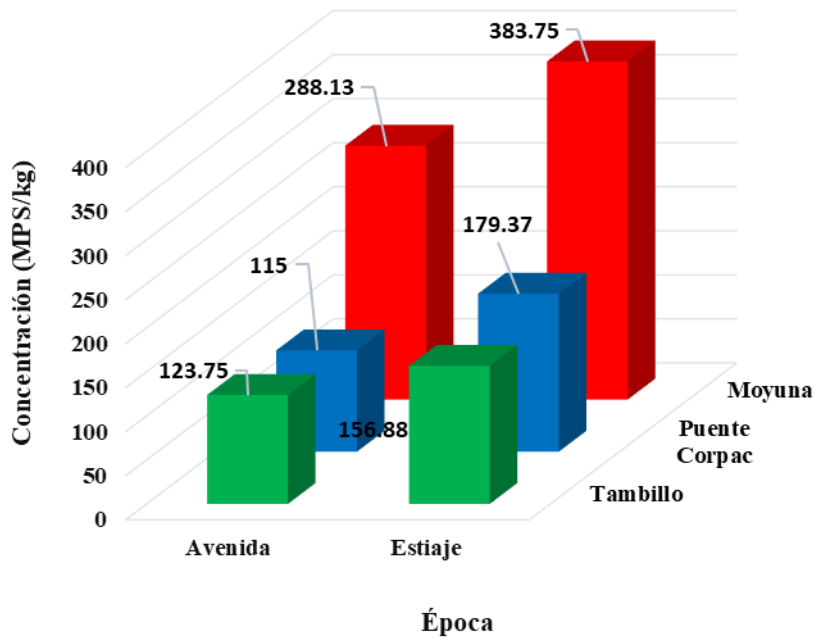
Puntos de muestreo	Muestra	Concentración de microplásticos en avenida	Concentración de microplásticos en estiaje	Promedio total de microplásticos
		$C_m \pm CV\%$	$C_m \pm CV\%$	$C \pm CV\%$
Tambillo	Agua (MPs/L)	63,00±2.24%	21,00±2.24%	42,00±57,81%
	Sedimento (MPs/kg)	123,75±17,14%	156,88±34.37%	140,31±27,46%
Puente Corpac	Agua (MPs/L)	66,00±34.28%	21,00±6.71%	43,50±66,87%
	Sedimento (MPs/kg)	115,00±13,83%	179,38±31,04%	147,19±33.96%
Moyuna	Agua (MPs/L)	109,00±9,08%	46,00±30,74%	68,50±40,63%
	Sedimento (MPs/kg)	288,13±6,44%	383,75±15,66%	335,94±19.67%
<b>Promedio total de microplásticos por época C ± CV%</b>	Agua (MPs/L)	79,33±22.25%	29,33±49,09%	51,33±53,85%
	Sedimento (MPs/kg)	175,63±50.34%	240,00±50,04%	207,81±51,02%

Leyenda: **C<sub>m</sub>**: Promedio de concentración de la muestra, **C.V %**: Coeficiente de variación en porcentaje y **PM**: Punto de muestreo.

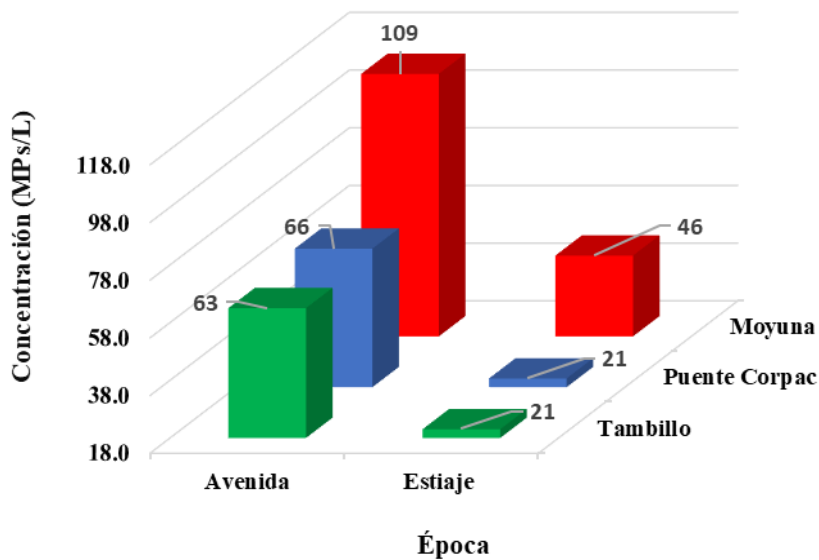
La concentración promedio total de microplásticos por época en sedimento en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, es ligeramente mayor en la época de estiaje con 240 MPs/kg, respecto a la época de avenida con 175,63 MPs/kg. Este comportamiento coincide con el estudio desarrollado en los sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rímac (Huanaco, 2019) y sedimentos del río Tallo en Indonesia (Wicaksono et al., 2021). La concentración promedio total de microplásticos por época en el agua del río Huallaga tramo

Tambillo – Mooyuna es mayor en la época de avenida con 79,33 MPs/L, respecto a la época de estiaje con 29,33 MPs/L. Pero este comportamiento difiere con lo encontrado en el río Tallo, Indonesia, en la época de estiaje hay mayor concentración de microplásticos en el agua que en la época de avenida (Wicaksono et al., 2021).

La concentración promedio total de microplásticos en los sedimentos es 207,81 MPs/kg. Similares resultados encontraron Canchari & Iannacone (2022) en la provincia de Yauyos, región Lima, en los canales de riego de Yuncaypara y Mejorada, con 248,14 MPs/kg. Sin embargo, difiere con otros estudios. En el río Huallaga en el punto de muestreo “ciudad de Aucayacu” el promedio total es 54,25 MPs/kg (Lino, 2022). En la cuenca alta del río Guayllabamba – Ecuador en el sedimento el promedio total es 94,38 MPs/kg (Donoso & Rios-Touma, 2020). En los estudios desarrollados en Asia, tales como en la cuenca de Molawin de la reserva forestal de Makiling– Filipinas, reportaron 970 MPs/kg (Limbago et al., 2021) y en los ríos de Shanghai – China; Río Huangpu 723 MP/kg, Shajinggang 765 MPs/kg, Caohejing 1535 MPs/Kg, Beishagang: 1600 MPs/kg, Jiangjiagang 1120 MPs/kg, Yujiabang: 410 MPs/kg. (Peng et al., 2018). Y en las cuencas mediterráneas se han reportado en dos cuencas concentraciones de 75000 MPs/kg en Besos y 74000 MPs/kg en Tordera (González, 2019). Sin duda, en China se encuentran las mayores concentraciones de microplásticos en agua y sedimento, esto se debe a que son uno de los principales consumidores de plástico y por ende uno de los países que más residuos generan. Además, que no gestionan adecuadamente sus residuos sólidos (PlasticsEurope, 2019). La concentración promedio total de microplásticos en el agua es 51,33 MPs/L. Similar resultado encontró Lino (2022) en el río Huallaga en el punto de muestreo “ciudad de Aucayacu” con 54,75 MPs/L. Sin embargo, difiere con lo reportado en el río Sinos (Brasil) con 330,2 MPs/L (Ferraz et al., 2020). Pero la concentración en este estudio es mayor con lo reportado en las cuencas mediterráneas, el río Besos 2,78 MPs/L y Tordera 1,67 MPs/L (González, 2019).



**Figura 14.** Concentración de microplásticos en sedimento según época y puntos de monitoreo en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.



**Figura 15.** Concentración de microplásticos en el agua según época y puntos de monitoreo en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.

Con respecto al sedimento en la época de estiaje hay 240 MP/kg y 175,63 MP/kg en avenida. Y en el agua, en la época de avenida se encontró 79,33 MP/L y en la época de estiaje 29,33 MP/L. Estos resultados difieren con el estudio realizado por Lino

(2022) donde en los sedimentos hay 55,5 MPs/kg en estiaje y 53 MPs/kg en avenida y en el agua hay 46 MPs/L avenida y 63,5 MPs/L en estiaje en el río Huallaga en el punto de muestreo “ciudad de Aucayacu”. Donde se puede observar que se encontró mayor concentración de microplásticos en sedimento y agua en esta investigación. Esto se puede atribuir por la metodología empleada, solo considero a los microplásticos de 0  $\mu\text{m}$  a 270  $\mu\text{m}$ . Además, no realizó la degradación de la materia orgánica, como así lo sugiere Miller et al. (2017) & Felsing et al. (2018), ya que dificulta el proceso de filtración, observación en microscopio e identificación espectral. En la separación por densidades solo considero los microplásticos con densidad menores a 1,2 kg/L al usar NaCl (1,2 kg/L), alcohol 70% y aceite y para las partículas plásticas con densidades mayores a 1,2 kg/L tales como PET, PVC o POM, recomiendan utilizar soluciones saturadas NaCl (1,8 kg/L), CsCl (1,9 kg/L), NaI (1,8 kg/L) y KI al 50% (Kunz, 2016; Crawford y Quinn, 2017; Manrique, 2019). Con respecto al número de extracciones en la separación por densidades, solo realizo una extracción. Asimismo, Thompson et al. (2004) determinaron la eficiencia de extracción del polietileno en la separación por densidades y aumento de un 61% a 83% y finalmente a 93% en la tercera extracción; Besley et al. (2017), en muestras de arena de playa encontraron que en la cuarta extracción alcanzo una eficiencia del 93,3% y Manrique (2019) registro una eficiencia de 85% a 90% en muestras de sedimento de río para partículas plásticas menores a 1,2 kg/L. En tal sentido, Hidalgo-Ruz et al. (2012) sugiere realizar hasta tres extracciones sucesivas para aumentar el porcentaje de recuperación de microplásticos en la etapa de separación por densidades.

**Tabla 10.** Matriz de correlación (Spearman) en sedimento.

<b>Variables</b>	<b>Época</b>	<b>Punto de muestreo</b>	<b>Concentración</b>
Época	<b>1</b>	0,000	0,386
Punto de muestreo	0,000	<b>1</b>	<b>0,739**</b>
Concentración	0,386	<b>0,739**</b>	<b>1</b>

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\*.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento con respecto a las épocas, se pudo encontrar que el valor del p-valores es 0,215 y se encuentra por encima del 0,05 requerido, por lo tanto, no existen relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento con respecto a las épocas de evaluación en el río Huallaga tramo

Tambillo - Moyuna. Así pues, en la época de avenida donde hay mayor caudal del río por las intensas lluvias y en la época de estiaje donde se alcanza el caudal mínimo en el río Huallaga, se encontraron concentraciones similares de microplásticos en los sedimentos en ambas épocas. Este resultado es complejo de explicar, dado que el comportamiento del transporte de los microplásticos con respecto a las épocas es poco estudiado en comparación con otros contaminantes de tamaño micro o nano presentes en los ecosistemas fluviales (Kumar, 2021). Para poder entender la deposición y el transporte de los microplásticos en los sedimentos y agua están relacionadas con las características hidrológicas del río, precipitación, morfología del canal fluvial, condiciones hidráulicas y las propiedades físicas de los microplásticos (forma, tamaño, densidad) y el comportamiento hidrodinámico de los microplásticos (Yan et al., 2021; Zhang et al., 2020; Mani & Burkhardt, 2020). Además, no se ha estudiado hasta ahora la influencia de las condiciones ambientales del agua en el comportamiento del transporte de microplásticos (Waldman & Rilling, 2020). En este estudio no se consideró dichas variables.

La relación entre la concentración con respecto a los puntos de muestreo, se pudo encontrar que el valor del p-valores es 0,006 que se encuentra debajo del 0,05 requerido y el coeficiente rho de Spearman es de 0,739\*\*, lo que indica que la relación entre las variables es alta. Se puede afirmar con un 99% de confianza que existe una relación alta entre la concentración de microplásticos en sedimento con respecto a los puntos de muestreo. En la investigación, se observa que, a medida que el río va transcurriendo de un punto de muestreo a otro (Tambillo: 140,31 MPs/kg; Puente Corpac 147,19 MPs/kg y Moyuna 335,94 MPs/kg) aumenta la concentración promedio total de microplásticos en sedimento. Este patrón de comportamiento, coincide con lo reportado por Donoso & Rios-Touma (2020), donde evaluaron en cinco puntos de muestreo y encontraron microplásticos desde la cabecera de la cuenca “Guayllabamba” hasta el distrito metropolitano de Quito y en el último punto de muestra, encontró notablemente mayor concentración. En donde llegaron a la conclusión que a medida que el río discurre va arrastrando partículas plásticas. Además, a medida que los ríos atraviesan zonas urbanas, vertimiento de aguas residuales y puntos críticos de residuos sólidos la cantidad de microplásticos se vuelve mayor. Por otra parte, coincide con lo que indica Godoy (2021) que la cercanía a las actividades antropogénicas influye directamente en la concentración de microplásticos en los sedimentos. Además, también está influenciado por la densidad poblacional (Klein et al., 2015 & Tibbetts et al., 2018). Se encontró mayor concentración en el punto de muestreo la Moyuna, esto es debido a que, se vertían aproximadamente 11,68 Tn/día de residuos sólidos de composición plástica de los distritos de

Rupa Rupa, Castillo Grande y Mariano Damaso Beraun, dado que el punto de muestreo se encuentra a 200 m aguas abajo del ex botadero de residuos sólidos. Además, a lo largo del tramo en estudio, en la ribera y faja marginal del río Huallaga se observó puntos críticos de residuos sólidos y en el caso del punto de muestreo Tambillo, en la ribera del río se encontraba residuos sólidos enterrados de la I.E Tambillo Grande y a lado del punto de muestreo del Puente Corpac se evidencio residuos sólidos domiciliarios. Además, que en los tres puntos de muestreo y a lo largo del tramo se evidenció el vertimiento de aguas residuales domiciliarias. Por lo tanto, la relación entre la concentración con respecto a los puntos de monitoreo se debe, probablemente, a que a medida que el río va transcurriendo, va transportando y acumulando microplásticos en el lecho de río. Además, por la cercanía de las diferentes actividades antropogénicas que se realizan cerca al río Huallaga y de los otros factores mencionados anteriormente.

**Tabla 11.** Matriz de correlación (Spearman) en agua.

<b>Variab</b> les	<b>Época</b>	<b>Punto de muestreo</b>	<b>Concentración</b>
Época	<b>1</b>	0,000	<b>-0,824**</b>
Punto de muestreo	0,000	<b>1</b>	0,386
Concentración	<b>-0,824**</b>	0,386	<b>1</b>

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

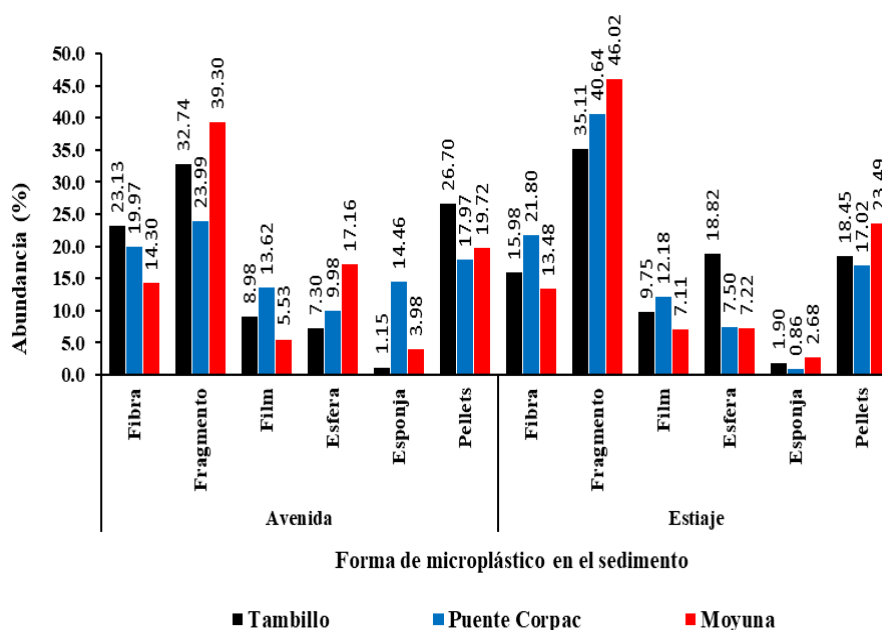
\*\*.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El valor del p-valores es 0,001 que se encuentra debajo del 0,05 requerido y el coeficiente rho de Spearman es de -0,824\*\*, lo que indica que la relación entre las variables es muy alta. Se puede afirmar con un 99% de confianza que existe una relación muy alta entre la concentración de microplásticos en el agua con respecto a las épocas de evaluación en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna. Por tanto, se encontró mayor concentración de microplásticos en el agua en la época de avenida que en la de estiaje. Este comportamiento principalmente podemos atribuirlo a que, en la época de avenida, los microplásticos que se encuentran suspendidos en el aire, son arrastrados por las lluvias, primero por la lluvia que cae directamente en el río y segundo por las que llegan a través del sistema de drenaje pluvial (Dris et al., 2016). Sumado a ello, tenemos otra fuente importante de microplásticos que son el vertimiento de aguas residuales (Donoso, 2018 & Godoy, 2021) en el río Huallaga, desde la naciente del río Huallaga hasta Tingo María, se han identificado un total de 77 fuentes de contaminación por aguas residuales municipales y 36 fuentes de aguas residuales domésticos

(Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018), los cuales son vertidos directamente al río Huallaga sin previo tratamiento o a través sus ríos tributarios, como por ejemplo el río Tambillo y el balneario “Las Pavas”, donde se desarrollan actividades del lavado de ropa por parte de la población asentada aguas arriba, como por ejemplo en el caserío Clorinda Mattos de Turner y el centro poblado Tambillo Grande. Asimismo, se conoce que, por cada ciclo de lavado se liberan 1900 fibras en promedio (Lindeque et al., 2020). Por otro lado, en el tramo de estudio, el río Huallaga recorre sus aguas por la margen derecha de Asentamientos Humanos y asociaciones de viviendas, la zona urbana se intensifica principalmente desde Las Orquídeas hasta un kilómetro antes de llegar al ex botadero de residuos sólidos. Otra fuente de fibra son el desgaste de neumático (Kreider et al., 2010 & Sommer et al., 2018) y los vertederos a cielo abierto (Nayahi et al., 2022).

#### 4.2. Determinación de la relación entre los parámetros físicos de los microplásticos en sedimentos - agua en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

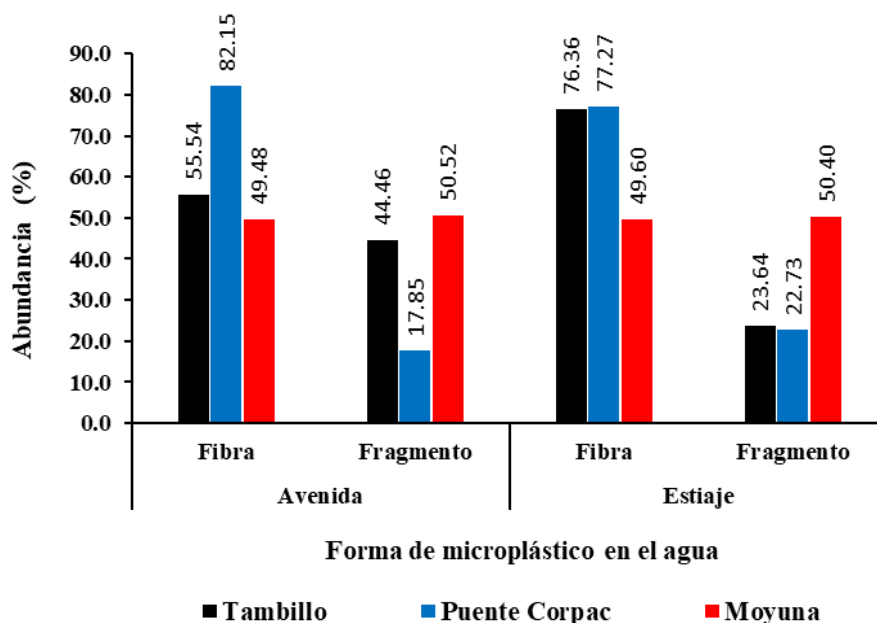
##### 4.2.1. Forma de microplásticos



**Figura 16.** Forma de MPs. Abundancia de microplásticos (%) en el sedimento con respecto a las épocas y puntos de muestreos.

En los sedimentos del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna se encontraron seis formas de microplásticos (fibra, fragmento, film, esfera, esponja y pellet), en ambas épocas predomina el fragmento seguido de la fibra. Esto coincide con lo reportado en

los sedimentos laterales en la cuenca baja del Río Rímac, donde en la época de avenida y estiaje predominaron los fragmentos (Huanaco, 2019). Asimismo, en los sedimentos del Río Jequetepeque – Perú, predominaron los fragmentos (Manrique, 2019) y en la Quebrada Ishoj y quebrada Uyrú Rume – Yauyos Lima, predominaron los fragmentos y las fibras (Canchari & Iannacone, 2022). Por otro lado, difiere con lo reportado en diversos ríos de Asia, donde predominan las fibras o esferas, esto podría ser debido a que las fibras sintéticas son muy usadas en la industria textil en Asia (Ding et al., 2019; Peng et al., 2018; Yang et al., 2021). La presencia de fragmentos y películas indican que los microplásticos encontrados provienen de la rotura o degradación de plásticos más grandes (Manrique, 2019), ya sea por medios físicos, químicos o degradación microbiana y se los conocen como microplásticos secundarios (Da Costa et al., 2017).



**Figura 17.** Forma de MPs. Abundancia de microplásticos (%) en el agua con respecto a las épocas y puntos de muestreos.

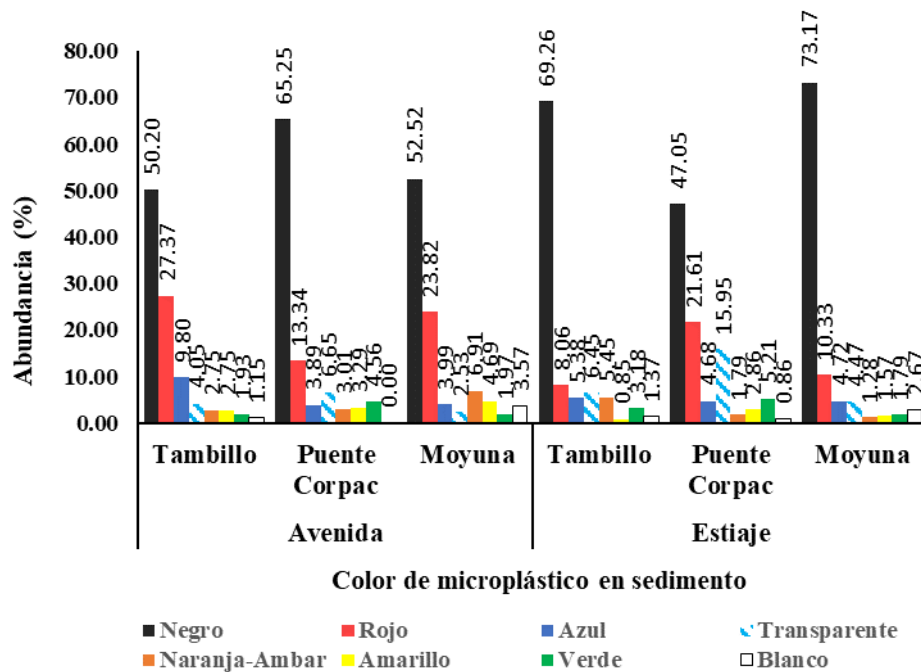
En el agua del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna se encontró dos formas de microplásticos, con predominancia de la forma fibra, seguida del fragmento en ambas épocas. Estos resultados coinciden con lo reportado en la cuenca alta del río Guayllabamba- Ecuador, donde la fibra fue predominante en el agua en la mayoría de los puntos de muestreo. (Donoso, 2018). Asimismo, en el río Sinos al sur de Brasil, también predominaron las fibras con un 89,4% (Ferraz et al., 2020) y en el río Tallo, este de Indonesia predominó los fragmentos (Wicaksono et al., 2021). Pero difiere con lo reportado en la



cuenca alta del río Guayllabamba en Ecuador, en donde predomino el film, fibra y fragmento en ese orden en el agua y sedimento (Donoso & Rios-Touma, 2020). Se sabe que los microplásticos con forma de fibras están relacionadas con la liberación de microfibras producto del lavado de prendas sintéticas (poliéster) (Lindeque et al., 2020). Sumado a ello, se han encontrado microplásticos de tipo fibra en la lluvia y en el aire atmosférico (Dris et al., 2016). Por ello, los microplásticos que están en el aire, ya que al ser pequeños y de baja densidad, son fácilmente transportados por el viento o por la lluvia, al suelo y a los cuerpos de agua (Dris et al., 2016) y otra fuente de microplásticos tipo fibra o fragmento son a causa del desgaste de los neumáticos (Kreider et al., 2010 & Sommer et al., 2018) y los vertederos a cielo abierto liberan con mayor predominancia los microplásticos de forma de fibras, películas y fragmentos (Nayahi et al., 2022). Finalmente, coincide con lo que menciona Koelmans et al. (2019) que las formas de microplástico más frecuentes en agua dulce y potable son las fibras, fragmentos, películas o pellets, espuma o esponja y gránulos o esferas.

No se consideró en los resultados la relación de microplásticos con respecto a la forma, debido a que cada forma de microplástico al degradarse sigue conservando su forma. Por ejemplo, si un fragmento sigue degradándose, solo disminuye su tamaño, pero sigue conservando su forma y lo mismo pasa con las fibras, film y esponja (microplásticos secundarios).

**4.2.2. Color de microplásticos**



**Figura 18.** Color de MPs. Abundancia de microplásticos (%) en el sedimento con respecto a las épocas y puntos de muestreos.

En el sedimento del río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna, se encontró ocho colores de microplásticos en la época de avenida y estiaje, el color negro, azul, rojo, amarillo, verde, naranja-ámbar, transparente y blanco. Donde en la época de avenida y estiaje predomina el color negro seguido del rojo y en los tres puntos de muestreo. Los colores encontrados coinciden con otros estudios de ámbito nacional de microplásticos en sedimento, con el río Jequetepeque, Perú (Manrique, 2019) y el río Lurín y Chillón (Martínez & Quispe, 2021). Por otro lado, con respecto a la predominancia de colores de microplásticos, existe similitud con lo reportado en los sedimentos del canal de riego de Yauyos en Lima, donde predominó el color azul y negro (Canchari & Iannacone, 2022) y en los sedimentos laterales del río Rímac tanto en época de avenida y estiaje predominaron el color blanco, negro, amarillo y azul (Huanaco, 2019). Asimismo, en el río Koshi, China se encontraron resultados similares con predominancia del color negro (60%) y azul (25%) en sedimento (Yang et al., 2021). Por otro lado, difirió con lo encontrado en los sedimentos del río de Shanghai - China, donde predomina el color blanco (90%) (Peng et al., 2018). La predominancia del color negro podría atribuirse por el desgaste de los neumáticos, ya que estas emiten partículas plásticas alargadas o de forma de fragmento color negro al ambiente, por el transporte mediante canaletas de aguas pluviales que llegan a los ríos u otro medio receptor (Goehler et al., 2022). Además, se encontró que, en las aguas residuales y lodos de una planta de tratamiento en Bursa, Turquía, predominaron los fragmentos de color negro (Üstün et al., 2022). Estas dos acciones podrían ser las principales fuentes de contaminación por microplásticos del color negro al río Huallaga.

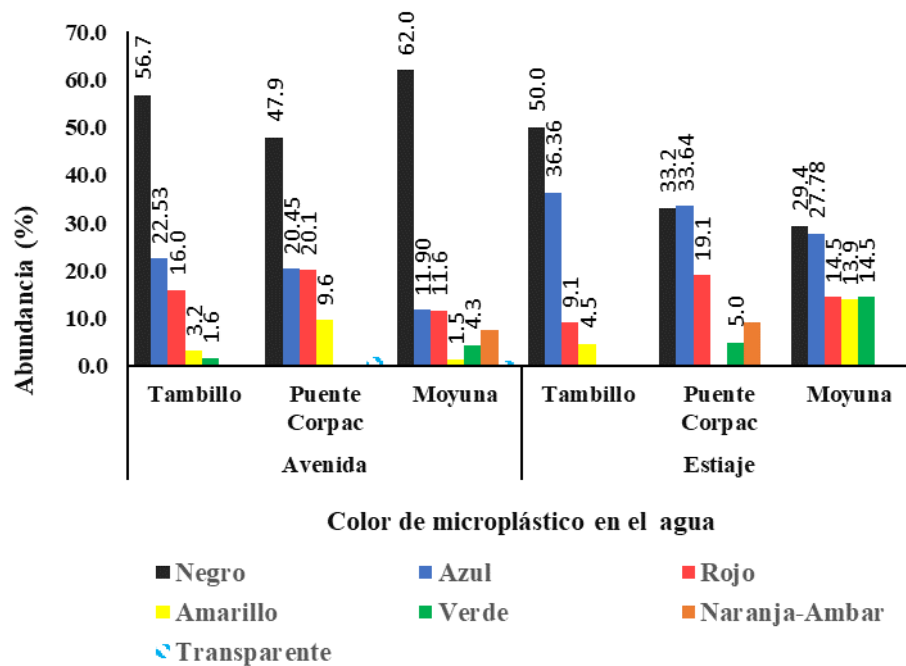
**Tabla 12.** Matriz de correlación (Spearman) respecto al color de los microplásticos en sedimento.

Variables	Amarillo	Azul	Blanco	Transparente	Naranja_Ambar	Negro	Rojo	Verde
<b>Amarillo</b>	<b>1</b>	0,274	0,515	-0,268	0,061	0,424	0,085	0,247
<b>Azul</b>	0,274	<b>1</b>	0,433	-0,099	-0,377	0,127	0,345	-0,096
<b>Blanco</b>	0,515	0,433	<b>1</b>	0,157	0,102	<b>0,796**</b>	0,054	0,254
<b>Transparente</b>	-0,268	-0,099	0,157	<b>1</b>	-0,472	0,098	0,460	<b>0,650*</b>
<b>Naranja_Ambar</b>	0,061	-0,377	0,102	-0,472	<b>1</b>	0,221	-0,349	-0,375
<b>Negro</b>	0,424	0,127	<b>0,796**</b>	0,098	0,221	<b>1</b>	-0,056	0,464
<b>Rojo</b>	0,085	0,345	0,054	0,460	-0,349	-0,056	<b>1</b>	0,496
<b>Verde</b>	0,247	-0,096	0,254	<b>0,650*</b>	-0,375	0,464	0,496	<b>1</b>

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\*.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El valor del p-valores es 0,002 y 0,022 que se encuentra debajo del 0,05 requerido y el coeficiente rho de Spearman es de 0,796\*\* y 0,650\*, lo que indica que la relación entre las variables es alta en ambos casos. Se puede afirmar con un 99% de confianza que existe una relación alta entre el color negro de los microplásticos en sedimento con respecto al color blanco de los microplásticos en los sedimentos. Y para el segundo caso se puede afirmar con un 95% de confianza que existe una relación alta entre el color verde de los microplásticos en sedimento con respecto al color transparente de los microplásticos en los sedimentos. El proceso de fotoenvejecimiento provoca cambios en el color del plástico específicamente en la luminosidad, lo que puede ayudar a determinar el tiempo de exposición de las partículas plásticas en el ambiente. Con una exposición prolongada al sol, el color del plástico primero cambia gradualmente a colores más claros, empieza a decolorarse o blanquearse y luego cambia de color blanco a amarillo o ámbar (Zhao et al., 2022). Lo que se puede suponer que la alta relación del color negro y blanco de microplásticos es por el proceso de fotoenvejecimiento del plástico, dado que se observó fibras plásticas color negro con partes blancas. Además, fibras que tenían predominancia del color blanco que el color negro. Y fragmentos verdes con partes de color transparente.



**Figura 19.** Color de MPs. Abundancia de microplásticos (%) en el agua con respecto a las épocas y puntos de muestreo.

En el agua del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, se encontró siete colores de microplásticos en la época de avenida, el color negro, azul, rojo, amarillo, verde, naranja-ámbar y transparente y en la época de estiaje seis colores de microplásticos (No se encontró el color transparente). Donde en la época de avenida y estiaje predomina el color negro, seguido del azul y rojo respectivamente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Üstün et al. (2022) donde encontraron predominancia del fragmento color negro en aguas residuales y lodo. Además, también podría atribuirse por el desgaste de los neumáticos al liberar fibras o fragmentos de color negro (Goehler et al., 2022) y por el vertimiento de las aguas residuales, de una planta de tratamiento en Bursa Turquía predominan el color negro (Üstün et al., 2022). Es necesario recalcar que los microplásticos con baja densidad, inferior 1 g/cm<sup>3</sup> permanecen suspendidos en los ambientes acuáticos debido a la fuerza de flotación (Horton & Dixon, 2018).

**Tabla 13.** Matriz de correlación (Spearman) respecto al color de los microplásticos en agua.

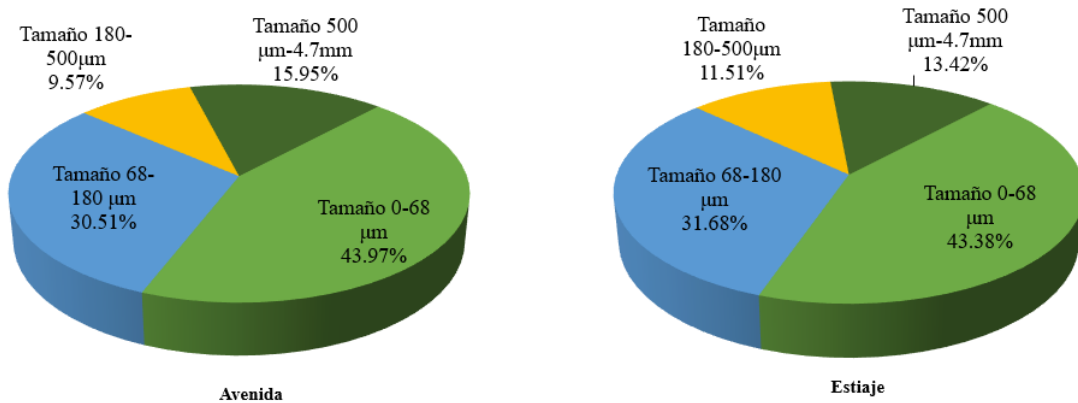
Variables	Amarillo	Azul	Transparente	Naranja_Ambar	Negro	Rojo	Verde
<b>Amarillo</b>	<b>1</b>	-0,257	0,181	0,108	0,201	0,253	-0,043
<b>Azul</b>	-0,257	<b>1</b>	0,395	-0,481	-0,516	0,146	0,368
<b>Transparente</b>	0,181	0,395	<b>1</b>	-0,199	-0,131	0,333	0,068
<b>Naranja_Ambar</b>	0,108	-0,481	-0,199	<b>1</b>	0,268	-0,003	-0,145
<b>Negro</b>	0,201	-0,516	-0,131	0,268	<b>1</b>	0,509	-0,026
<b>Rojo</b>	0,253	0,146	0,333	-0,003	0,509	<b>1</b>	0,078
<b>Verde</b>	-0,043	0,368	0,068	-0,145	-0,026	0,078	<b>1</b>

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\*.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los valores del p-valores son superiores a 0,05 por lo tanto no existe relación de los parámetros físicos de los microplásticos con respecto al color en el agua.

**4.2.3. Tamaño de microplásticos en sedimento**



**Figura 20.** Tamaño de MPs. Abundancia (%) del total de microplásticos según los intervalos tamaño en la época de avenida y estiaje.

En los sedimentos del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, se encontró que los intervalos de tamaño tienen similar abundancia (%) en las épocas de avenida y estiaje. Además, se observa un aumento en la cantidad de microplásticos a medida que disminuye el tamaño, es decir, los más abundantes son los microplásticos con tamaño de 43,67% (0μm - 68μm); 31,09% (68μm-180μm); 14,68% (500μm -4,7mm) y 10,54% (180μm -500μm). Este comportamiento concuerda con otros estudios, en un estudio en agua potable llegaron a la conclusión que a medida que disminuye el tamaño de los microplásticos, la cantidad de

microplásticos aumenta significativamente (Danopoulos et al., 2020). Pero difirió, con lo encontrado en los sedimentos de río Molawin, Filipinas, ya que las partículas más pequeñas eran las menos abundantes (Limbago et al., 2021). Este comportamiento se explica en el siguiente cuadro.

**Tabla 14.** Matriz de correlación (Pearson) respecto al tamaño de los microplásticos en sedimento.

Variable	(0- 0.68µm)	(68 µm-180µm)	(180µm -500µm)	(500µm - 4.7mm)
(0- 0.68µm)	<b>1</b>	<b>0,975**</b>	0,583	<b>0,926**</b>
(68µm -180µm)	<b>0,975**</b>	<b>1</b>	0,667	<b>0,914*</b>
(180µm -500µm)	0,583	0,667	<b>1</b>	0,707
(500µm -4.7µm)	<b>0,926**</b>	<b>0,914*</b>	0,707	<b>1</b>

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\*.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El valor del p-valores es 0,001 y 0,042 que se encuentra debajo del 0,05 requerido y el coeficiente r de Pearson es de 0,975\*\*, 0,926\*\* y 0,914\*, lo que indica que la relación entre las variables es muy alta en los dos primeros casos y en el tercer caso es alta. Para el primer caso se puede afirmar con un 99% de confianza que existe una relación muy alta entre el tamaño de microplásticos de los sedimentos (68 µm -180 µm) y (0 – 68 µm). Para el segundo caso se puede afirmar con un 99% de confianza que existe una relación muy alta entre el tamaño de microplásticos de los sedimentos (500 µm -4,7 mm) y (0 – 68 µm) y para el tercer caso se puede afirmar con un 95% de confianza que existe una relación muy alta entre el tamaño de microplásticos de los sedimentos (500 µm -4,7 mm) y (68 µm – 180 µm). Esto quiere decir que a medida que los microplásticos empiezan a fragmentarse o degradarse, el diámetro de las partículas plásticas disminuye y por lo tanto aumentan los microplásticos con menor tamaño de diámetro (Kaiser et al., 2017; Waldschläger & Schüttrumpf, 2019).

#### **4.3. Identificación del tipo de plástico de los sedimentos del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.**

Se identificaron siete tipos de plásticos en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna, el polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD),

poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y el Nylon poliamidas. Lo cual coincide con lo reportado en el estudio de caracterización de residuos sólidos de la provincia de Leoncio Prado, donde según el tipo de residuos sólidos inorgánicos con respecto a los plásticos hay siete tipos de plásticos, de los cuales seis coincide con lo reportado. Por tanto, en este estudio no se identificó al Poliestireno expandido (EPS) pero sí al Nylon poliamidas (Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP], 2021). Además, este estudio coincide con lo encontrado en los sedimentos del río Lurín y Chillón, (Martínez & Quispe, 2021). Además, se conoce que el polietileno y poliestireno predominan en vertederos a cielo abierto (Nayahi et al., 2022), por esta razón podría atribuirse que el ex botadero la Moyuna es una fuente de contaminación de microplásticos de esos tipos de plástico. Además, se conoce que las principales fuentes de contaminación por microplásticos son el vertimiento de aguas, la cercanía de las zonas urbanas a los ríos y los vertederos de residuos sólidos. Sumado a ello, la falta de planificación y ordenamiento territorial, la conciencia ambiental de la población y la gestión inadecuada de las autoridades locales y regionales en el manejo de los residuos sólidos (Martínez & Quispe, 2021).

**Tabla 15.** Identificación de los tipos de micro plásticos en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

N° Microplásticos	Identificación	%
1	Polietileno de baja de densidad	92.63%
2	Nylon-poliamidas	96.91%
3	Poliestireno	94.62%
4	Poliestireno	95.06%
5	Polietileno de baja de densidad	95.49%
6	Poliestireno	99.02%
7	Polietileno de baja de densidad	87.15%
8	Cloruro de polivinilo	91.92%
9	Polipropileno	90.10%
10	Tereftalato de polietileno	99.69%
11	Polipropileno	89.77%
12	Polietileno de alta de densidad	97.20%
13	Polietileno de baja de densidad	88.07%
14	Polietileno de baja de densidad	91.94%

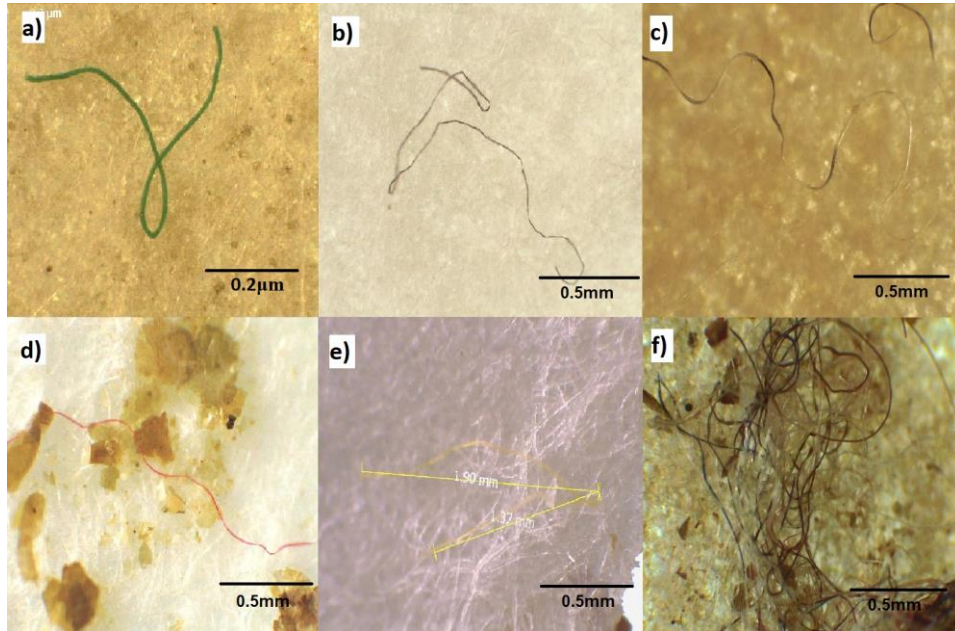
Fuente: Laboratorio Central de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (2021).

**Tabla 16.** Identificación de los tipos de microplásticos en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

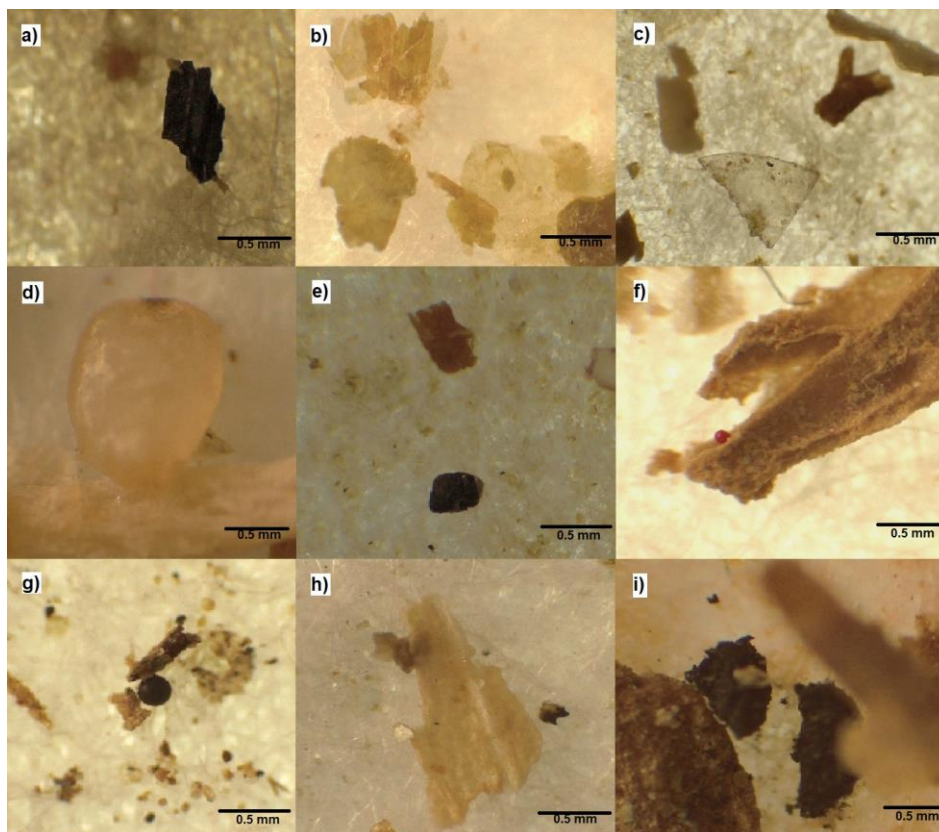
<b>N° Microplásticos</b>	<b>Identificación</b>	<b>%</b>
15	Polietileno de baja de densidad	91.22%
16	Poliestireno	99.76%
17	Polipropileno	90.89%
18	Polietileno de baja de densidad	87.33%
19	Polietileno de baja de densidad	94.11%
20	Polietileno de baja de densidad	99.41%
21	Poliestireno	89.03%
22	Polipropileno	96.98%
23	Polietileno de baja de densidad	97.35%
24	Polietileno de baja de densidad	91.13%
25	Polietileno de alta de densidad	98.93%
26	Polietileno de baja de densidad	98.76%
27	Nylon-poliamidas	93.96%
28	Cloruro de polivinilo	95.49%
29	Poliestireno	93.67%
30	Polipropileno	93.34%
31	Tereftalato de polietileno	99.63%
32	Polietileno de baja de densidad	86.69%
33	Polietileno de baja de densidad	99.75%
34	Polietileno de baja de densidad	89.60%
35	Polietileno de baja de densidad	98.19%
36	Polietileno de baja de densidad	99.02%
37	Polipropileno	91.71%
38	Polietileno de baja de densidad	92.22%
39	Poliestireno	97.14%
40	Cloruro de polivinilo	98.80%
41	Polietileno de alta de densidad	91.76%
42	Polipropileno	97.47%
43	Polietileno de baja de densidad	86.19%
44	Nylon-poliamidas	89.62%
45	Polipropileno	95.59%
46	Polietileno de baja de densidad	91.20%
47	Polietileno de alta de densidad	90.29%
48	Poliestireno	89.16%
49	Polipropileno	98.83%
50	Polietileno de alta de densidad	98.56%

Fuente: Laboratorio Central de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (2021).





**Figura 21.** Fibras de diferentes colores encontrados en los sedimentos del tramo “Tambillo - Moyuna” del río Huallaga.



**Figura 22.** Formas de microplásticos encontrados en los sedimentos del tramo “Tambillo - Moyuna” del río Huallaga. a) fragmento, b) y c) films, d) y e) películas y pellet, f) y g) gránulos y/o esferas, h) e i) espuma.

## V. CONCLUSIONES

1. No existen relación entre la concentración de los microplásticos en sedimento con respecto a las épocas de avenida - estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna. Sin embargo, si existe una relación muy alta entre la concentración de microplásticos en el agua con respecto a las épocas de avenida y estiaje en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.
2. La relación de los parámetros físicos de los microplásticos en sedimento - agua del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna. Referente al sedimento, en cuanto al color se determinó que existe una relación alta entre el color negro respecto al color blanco de los microplásticos. Asimismo, se encontró que existe una relación alta entre el color verde respecto al color transparente de los microplásticos. En cuanto al color de microplásticos en agua, no se encontró ninguna relación. Por otra parte, referente al tamaño de microplásticos en sedimento, existe una relación muy alta entre el intervalo de tamaño (68  $\mu\text{m}$  – 180  $\mu\text{m}$ ) con respecto a (0 – 68  $\mu\text{m}$ ). Asimismo, existe una relación muy alta entre el intervalo de tamaño de microplásticos (500 $\mu\text{m}$  -4,7 mm) con respecto a (68  $\mu\text{m}$  – 180  $\mu\text{m}$ ) y una relación muy alta entre el tamaño de microplásticos de los sedimentos (500  $\mu\text{m}$  -4,7 mm) con respecto a (68  $\mu\text{m}$  – 180  $\mu\text{m}$ ).
3. En los sedimentos del río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna, se identificó siete tipos de plásticos, el polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y el Nylon poliamidas.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Evaluar la concentración de microplásticos durante todos los meses del año y aumentar los puntos de monitoreo para conocer a más detalle la tendencia espacio – temporal de los microplásticos en sedimento y agua del río Huallaga. Además, tener en cuenta otros factores que influyen en la deposición y transporte de los microplásticos en agua y sedimento.
2. Realizar un inventario de las fuentes de contaminación por microplásticos del río Huallaga. Asimismo, determinar la concentración de microplásticos en el suelo, aire y el agua. El agua que se deposita en las canaletas pluviales y llegan al río Huallaga. Además, determinar los parámetros físicos como color, forma, y tamaño.
3. Identificar los tipos de plásticos de las fuentes de contaminación por microplásticos del río Huallaga.
4. Utilizar el protocolo para la planificación, muestreo, análisis e identificación de microplásticos en ríos. Dado, que si aplicamos las mismas pautas y criterios a la hora de analizar los microplásticos, se podrán comparar los resultados que se realicen con otros que aplique el mismo protocolo.

## VII. REFERENCIAS

- Ali, S. M., Pervaiz, A., Afzal, B., Hamid, N., & Yasmin, A. (2014). Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *Journal of King Saud University-Science*, 26(1), 59-65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2013.08.003>
- American Society for Testing and Materials (2001). Standart test method for “Determination of water (moisture) content of soil by microwave oven heating ASTM D 4643-00”., volumen 04.08. <https://webstore.ansi.org/standards/astm/astmd464300>
- Anderson, J. C., Park, B. J., & Palace, V. P. (2016). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution*, 218, 269-280. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.074>
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine pollution bulletin*, 119(1), 12-22.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el muestreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Ministerio de Agricultura. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>
- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Informe de muestreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huallaga (junio – julio de 2018)*. Ministerio de Agricultura. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3875>
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Informe de muestreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huallaga (febrero – marzo de 2019)*. Ministerio de Agricultura. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3874>
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). *Informe de muestreo participativo de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Huallaga (junio – julio de 2019)*. Ministerio de Agricultura.
- Ayala, A., & Serralde, M. (2009). Centro móvil triturador PET. [Tesis de Pregrado, Instituto Politécnico Nacional de México]. Repositorio Institucional IPN. <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/5040>
- Besley, A., Vijver, M. G., Behrens, P., & Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055>

- Besseling, E., Quik, J. T., Sun, M., & Koelmans, A. A. (2017). Fate of nano-and microplastic in freshwater systems: A modeling study. *Environmental pollution*, 220, 540-548. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.001>
- Bordoloi, S., Gupt, C. B., & Sarmah, A. K. (2022). Exploring the theoretical effects of landfill based microplastic accumulation on the hydro-mechanical properties of porous soil media. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 26, 100332. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100332>
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental science & technology*, 45(21), 9175-9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Canchari, F., & Iannacone, J. A. (2022). Microplásticos en sedimentos de canales de riego en el centro poblado de Madeán, distrito de Madeán, provincia de Yauyos, región Lima, Perú. *The Biologist*, 20(1), 85-92. <https://doi.org/10.24039/rtb20222011318>
- Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P., y Peck, B. (1972). Polystyrene spherules in coastal waters. *Science*, 178(4062), 749-750. <https://doi.org/10.1126/science.178.4062.749>
- Castañeda, R. A., Avlijas, S., Simard, A. M., y Ricciardi, A. (2014). Microplastic pollution in St. Lawrence River sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(12), 1767-1771. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0281>
- Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas, F., Ávalos, G., López, Villena, D., Valdez M., Urbiola, J., Trebejo, I., Urbiola, J. (2021). Climas del Perú: mapa de clasificación climática nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. [http://api.cpsp.io/public/documents/codigo\\_de\\_etica\\_y\\_deontologia.pdf](http://api.cpsp.io/public/documents/codigo_de_etica_y_deontologia.pdf)
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 62(12), 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Corcoran, P. L. (2015). Benthic plastic debris in marine and fresh water environments. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(8), 1363-1369. <https://doi.org/10.1039/C5EM00188A>
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2017). Microplastic collection techniques. *Elsevier*, 179– 202. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00008-6>

- Da Costa, J.P., Duarte, A.C., Rocha, T.A. (2017). Microplastics – Occurrence, Fate and Behaviour in the Environment. *Elsevier B.V.*, 75,1-24. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.coac.2016.10.004>
- Danopoulos, E., Twiddy, M., & Rotchell, J. M. (2020). Microplastic contamination of drinking water: A systematic review. *PloS one*, 15(7), e0236838. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236838>
- Ding, L., fan Mao, R., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., & Yang, C. (2019). Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest of China. *Science of the Total Environment*, 667, 427-434. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.332>
- Donoso, J. (2018). *Cuantificación de la presencia de microplásticos en la cuenca alta del río Guayllabamba*. [Tesis de Pregrado, Universidad de las Américas]. Repositorio Institucional UDLA. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9983>
- Donoso, J. M., & Rios-Touma, B. (2020). Microplastics in tropical Andean rivers: A perspective from a highly populated Ecuadorian basin without wastewater treatment. *Heliyon*, 6(7), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04302>
- Dris, R., Gasperi, J., Mirande, C., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., & Tassin, B. (2017). A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environmental pollution*, 221, 453-458. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.013>
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., & Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? *Marine pollution bulletin*, 104(1-2), 290-293. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.006>
- Felsing, S., Kochleus, C., Buchinger, S., Brennholt, N., Stock, F., & Reifferscheid, G. (2018). A new approach to separate microplastics from environmental samples based on their electrostatic behavior. *Environmental contamination*, 234, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.013>
- Fendall, L. S., & Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225–1228. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025>
- Ferraz, M., Bauer, A. L., Valiati, V. H., & Schulz, U. H. (2020). Microplastic concentrations in raw and drinking water in the Sinos River, *Southern Brazil*. *Water*, 12(11), 3115. <https://doi.org/10.3390/w12113115>

- Furuseth, I. S., & Rodland, E. S. (2020). Reducing the Release of Microplastic from Tire Wear: Nordic Efforts. *Nordic Working Papers*. <http://dx.doi.org/10.6027/NA2020-909>
- Garcés-Ordóñez, O., Díaz, L. F. E., Cardoso, R. P., & Muniz, M. C. (2020). The impact of tourism on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Marine pollution bulletin*, 160, 111558. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558>
- García, J. (2022). Microplásticos en EDAR. Evaluación en la línea de agua y de fangos. [Tesis pre grado, Universidad de Valladolid]. Repositorio Institucional UVA. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/53086>
- García-Dávila, C.; Sánchez, H.; Flores, M.; Mejía, J.; Angulo, C.; Castro-Ruiz, D.; Estivals, G.; García, A.; Vargas, G.; Nolorbe, C.; Núñez, J.; Mariac, C.; Duponchelle, F.; Renno, J. F. (2018). Peces de consumo de la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos, Perú, 218 pp. <https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/368>
- Godoy Calero, V. (2021). Origen, caracterización e impacto de los microplásticos presentes en el medioambiente. Aplicación a la provincia de Granada (España). <https://digibug.ugr.es/handle/10481/69067>
- Goehler, L. O., Moruzzi, R. B., Tomazini da Conceição, F., Júnior, A. A. C., Speranza, L. G., Busquets, R., & Campos, L. C. (2022). Relevance of tyre wear particles to the total content of microplastics transported by runoff in a high-imperviousness and intense vehicle traffic urban área. *Environmental Pollution*, 314, 120200. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120200>
- Gonzáles, F. (2019). Distribución y abundancia de microplásticos en cuencas mediterráneas. [Tesis pre grado, Universidad de Barcelona]. Repositorio Institucional UB. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/398033>
- Hanson, J. L., Yesiller, N., & Kendall, L. A. (2005). Integrated temperature and gas analysis at a municipal solid waste landfill. In Proceedings of the 16th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering. *Millpress Science Publishers/IOS Press*, 2265-2268. [doi:10.3233/978-1-61499-656-9-2265](https://doi.org/10.3233/978-1-61499-656-9-2265)
- Hassellöv, M., Karlsson, T., Mattsson, K., Magnusson, K., Strand, J., Lenz, R., & Eidsvoll, D. P. (2018). *Progress towards monitoring of microlitter in Scandinavian marine environments:: State of knowledge and challenges.*

<https://policycommons.net/artifacts/1149085/progress-towards-monitoring-of-microlitter-in-scandinavian-marine-environments/>

- He, P., Chen, L., Shao, L., Zhang, H., & Lü, F. (2019). Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastics? -Evidence of microplastics in landfill leachate. *Water Research*, 159, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.04.060>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental science & technology*, 46(6), 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Hidalgo-Ruz, V., Honorato, D., Gatta, M., & Thiel, M. (2016). Tercer muestreo nacional de basura en playas de Chile 2016 y resultados comparativos con campañas 2008-2012. *Coquimbo: Científicos de la Basura, Universidad Católica del Norte*. <http://www.cientificosdelabasura.cl/archivo/documento/documento/37/2016%20-%20Informe%203er%20Muestreo%20Nacional%20de%20la%20Basura%20en%20las%20Playas.pdf>
- Hoellein, T. J., Shogren, A. J., Tank, J. L., Risteca, P., & Kelly, J. J. (2019). Microplastic deposition velocity in streams follows patterns for naturally occurring allochthonous particles. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40126-3>
- Horton, A. A., & Dixon, S. J. (2018). Microplastics: An introduction to environmental transport processes. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 5(2), e1268. <https://doi.org/10.1002/wat2.1268>
- Hou, L., Kumar, D., Yoo, C. G., Gitsov, I., & Majumder, E. L. W. (2021). Conversion and removal strategies for microplastics in wastewater treatment plants and landfills. *Chemical Engineering Journal*, 406, 126715. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126715>
- Huanaco, R. (2019). *Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del Río Rímac*. [Tesis maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/19416>
- Imhof, H. K., Ivleva, N. P., Schmid, J., Niessner, R., & Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current biology*, 23(19), 867-868. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.001>
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. (2017). Protocolo de muestreo y análisis de microplásticos en aguas marinas superficiales, sedimentos de playas y tracto digestivo



de peces. <https://es.scribd.com/document/431726656/Protocolo-de-Muestreo-y-Analisis-de-Microplasticos-en-Aguas-Marinas-Superficiales-Sedimentos-de-Playas-y-Tracto-Digestivo-de-Peces>

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Huánuco compendio estadístico 2017. Instituto Nacional de Estadística e Informática <https://keneamazon.net/Documents/INEI/Huanuco.pdf>
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., Nar, R. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Marine Pollution*, 347(6223):768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Kaiser, D., Kowalski, N., & Waniek, J. J. (2017). Effects of biofouling on the sinking behavior of microplastics. *Environmental research letters*, 12(12), 124003. [10.1088/1748-9326/aa8e8b](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8e8b)
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., & Christensen, T. H. (2002). Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical reviews in environmental science and technology*, 32(4), 297-336. <https://doi.org/10.1080/10643380290813462>
- Klein, S., Worch, E., & Knepper, T. P. (2015). Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environmental science & technology*, 49(10), 6070-6076. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00492>
- Koelmans, A. A., Nor, N. H. M., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: *Critical review and assessment of data quality*. *Water research*, 155, 410-422. [https://doi: 10.1016/j.watres.2019.02.054](https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054)
- Kole, P. J., Löhr, A. J., Van Belleghem, F. G. A. J., Ragas, A. M. J. (2017). Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*; 14 (10), 1265. <https://doi.org/10.3390/ijerph14101265>
- Kovochich, M., Liong, M., Parker, J. A., Oh, S. C., Lee, J. P., Xi, L., Kreider, M. L., Unice, K. M. (2021). Chemical mapping of tire and road wear particles for single particle analysis. *Science of the Total Environment*, 118: e 55165. <http://dx.doi.org/10.3791/55161>
- Kreider, M. L., Panko, J. M., McAtee, B. L., Sweet, L. I., Finley, B. L. (2010). Physical and chemical characterization of tire-related particles: Comparison of particles generated

- using different methodologies. *Science of the Total Environment*, 408(3): 652-659. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.016>
- Kumar, R., Sharma, P., Verma, A., Jha, P. K., Singh, P., Gupta, P. K., ... & Prasad, P. V. (2021). Effect of physical characteristics and hydrodynamic conditions on transport and deposition of microplastics in riverine ecosystem. *Water*, 13(19), 2710. <https://doi.org/10.3390/w13192710>
- Kunz, A., Walther, B. A., Löwemark, L., & Lee, Y. C. (2016). Distribution and quantity of microplastic on sandy beaches along the northern coast of Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 111(1-2), 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.07.022>
- Lares, M., Ncibi, M. C., Sillanpää, M., & Sillanpää, M. (2018). Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water research*, 133, 236-246. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.04>
- Lebreton, L., Zwet, J., Willem, J., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8(1):1-10. DOI: [10.1038/ncomms15611](https://doi.org/10.1038/ncomms15611)
- Ley N°30884. Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. (19 de diciembre de 2018). Diario Oficial N° 1724734-1. <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes-ley-n-30884-1724734-1>
- Limbago, J. S., Bacabac, M. M. A., Fajardo, D. R. M., Mueda, C. R. T., Bitara, A. U., Ceguerra, K. L. P., ... & Nacorda, H. M. E. (2021). Occurrence and polymer types of microplastics from surface sediments of Molawin Watershed of the Makiling Forest Reserve, Los Baños, Laguna, Philippines. *Environment and Natural Resources Journal*, 19(1), 57-67. DOI: [10.32526/enrj/19/2020114](https://doi.org/10.32526/enrj/19/2020114)
- Lin, L., Zuo, L. Z., Peng, J. P., Cai, L. Q., Fok, L., Yan, Y., ... & Xu, X. R. (2018). Occurrence and distribution of microplastics in an urban river: a case study in the Pearl River along Guangzhou City, China. *Science of the total environment*, 644, 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.327>
- Lindeque, P. K., Cole, M., Coppock, R. L., Lewis, C. N., Miller, R. Z., Watts, A. J., ... & Galloway, T. S. (2020). Are we underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of microplastic capture with nets of different mesh-size. *Environmental Pollution*, 265, 114721. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114721>

- Lino, L. J. (2022). *Microplástico en el agua y sedimentos de los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla en la ciudad de Aucayacu* [Tesis pre grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/2180>
- Liu, FF, Liu, GZ, Zhu, ZL, Wang, SC y Zhao, FF (2019). “Interactions between microplastics and phthalate esters as affected by microplastics characteristics and solution chemistry”. *Chemosphere* , 214 , 688-694. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.174>
- Mani, T., & Burkhardt-Holm, P. (2020). Seasonal microplastics variation in nival and pluvial stretches of the Rhine River—From the Swiss catchment towards the North Sea. *Science of the Total Environment*, 707, 135579. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135579>
- Manrique, R. (2019). *Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú*. [Tesis Msc, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/167844>
- Martínez, J. L., & Quispe Valenzuela, M. J. (2021). *Caracterización de Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del Río Lurín y Chillón, 2021*. [Tesis pre grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/73970>
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. *NOAA Technical Memorandum*. DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-604>
- Mayorga, L. (2022). *Manual de Metodología de la Investigación*. Cusco: Yachay. [https://kupdf.net/download/metodologia-de-la-investigacion-carolina-mayorga-rodriguez\\_5ede678ee2b6f50277a7e959\\_pdf](https://kupdf.net/download/metodologia-de-la-investigacion-carolina-mayorga-rodriguez_5ede678ee2b6f50277a7e959_pdf)
- Miller, M. E., Kroon, F. J., & Motti, C. A. (2017). Recovering microplastics from marine samples: A review of current practices. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1-2), 6-18. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.058>
- Ministerio del Ambiente (17 de mayo del 2018). En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables. <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidos-reaprovechables/>

- Ministerio del Ambiente (2 de febrero de 2022). Cifras del mundo y en el Perú sobre el plástico. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Ministerio del Ambiente (5 de marzo del 2019). ¿Qué son los microplásticos? <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/que-son-los-microplasticos/>
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2021). Listado de rellenos sanitarios. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios>
- Mintenig, S., Intveen, I., Löder, M., Primpke, S., Gerdt, G. (2017). Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water research*, 108, 365-372. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.015>
- Morris, P. (1989). Polymer pioneers: a popular history of the science and technology of large molecules. <https://acortar.link/CXNNT3>
- Municipalidad distrital de Castillo Grande (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Castillo Grande. <https://wiac.info/docviewer>
- Municipalidad Provincial de Leoncio Prado. (2018). Plan de desarrollo local concertado 2019 – 2021 con enfoque al 2030 [Archivo PDF]. <https://www.munitingomaria.gob.pe/mplp/sites/default/files/mplp/documentosdegestio n/PDC%202019-2021%20CON%20ENFOQUE%20AL%202030.pdf>
- Municipalidad Provincial de Leoncio Prado. (2012). Estudio hidrológico provincia de Leoncio Prado: Estudio hidrológico río Huallaga (metas al 31 de julio del 2012). <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4602?show=full#:~:text=El%20r%C3%ADo%20Huallaga%20nace%20en,Hu%C3%A1nuco%2C%20San%20Mart%C3%ADn%20y%20Loreto.>
- Municipalidad Provincial de Leoncio Prado. (2021). Estudio de caracterización de residuos sólidos para el expediente definitivo, mejoramiento y ampliación del servicio de limpieza y disposición final de los residuos sólidos en los cinco distritos de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. [Archivo PDF]
- Nayahi, N. T., Ou, B., Liu, Y., & Janjaroen, D. (2022). Municipal solid waste sanitary and open landfills: Contrasting sources of microplastics and its fate in their respective treatment systems. *Journal of Cleaner Production*, 380, 135095. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135095>

- Nizzetto, L., Bussi, G., Futter, M. N., Butterfield, D., & Whitehead, P. G. (2016). A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 18(8), 1050-1059. <https://doi.org/10.1039/C6EM00206D>
- Nuelle, M. T., Dekiff, J. H., Remy, D., & Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental pollution*, 184, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.07.027>
- Ogonowski, M., Schur, C., Jarsén, A., Gorokhova, E. (2016). The Effects of Natural and Anthropogenic Microparticles on Individual Fitness in *Daphnia magna*. *Plos One*. 11(5): e0155063. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155063>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización eficiente. Caretas, Lima. s.v.nr. 1-12.
- Ou, B., Liu, Y., & Janjaroen, D. (2022). Municipal solid waste sanitary and open landfills: Contrasting sources of microplastics and its fate in their respective treatment systems. *Journal of Cleaner Production*, 380, 135095. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135095>
- Pal, P., Pandey, J. P., & Sen, G. (2018). Synthesis and application as programmable water soluble adhesive of polyacrylamide grafted gum Tragacanth (GT-g-PAM). In *Biopolymer Grafting* (pp. 153-203). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810462-0.00005-3>
- Pauli, N. C., Petermann, J. S., Lott, C., & Weber, M. (2017). Macrofouling communities and the degradation of plastic bags in the sea: an in situ experiment. *Royal Society open science*, 4(10), 170549. <https://doi.org/10.1098/rsos.170549>
- Paz, E. (2014). *Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado*. [Tesis pre grado, Universidad Nacional de San Agustín de Perú]. Repositorio Institucional UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2921>
- Peng, G., Xu, P., Zhu, B., Bai, M., & Li, D. (2018). Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: A case study of risk assessment in megacities. *Environmental Pollution*, 234, 448–456. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.034>
- PlasticsEurope. 2019. Plastic the facts 2019. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2019-Plastics-the-facts.pdf>

- Qiu, Q., Tan, Z., Wang, J., Peng, J., Li, M. y Zhan, Z. (2016). Extraction, enumeration and identification methods for monitoring microplastics in the environment. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 176, 102-109. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.04.012>
- Rausch, J., Jaramillo-Vogel, D., Perseguers, S., Schnidrig, N., Grobéty, B., Yajan, P. (2022). Automated identification and quantification of tire wear particles (TWP) in airborne dust: SEM/EDX single particle analysis coupled to a machine learning classifier. *Science of The Total Environment*, 803: 149832. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149832>
- Roch, S.; Friedrich, C.; Brinker, A. (2020). Uptake routes of microplastics in fishes: practical and theoretical approaches to test existing theories. *Scientific Reports*, 10: 3896. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60630-1>
- Rochman, Cm., Parnis, J. M., Browne, M.A., Serrato, S., Reiner, E.J., Robson, M., Teh, S.J. (2017). Direct and indirect effects of different types of microplastics on freshwater prey (*Corbicula fluminea*) and its predator. (*Acipenser transmontanus*). *Plos one*, 12 (11), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187664>
- Rodrigues, M. O., Abrantes, N., Gonçalves, F. J. M., Nogueira, H., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. M. (2018). Spatial and temporal distribution of microplastics in water and sediments of a freshwater system (Antuã River, Portugal). *Science of the total environment*, 633, 1549-1559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.233>
- Rojo, E., & Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos. Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. *Ecologistas en acción*. <http://hdl.handle.net/10553/56275>
- Roy-García, I., Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M., & Palacios-Cruz, L. (2019). Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Revista Alergia México*, 66(3), 354-360. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.651>
- Saad, D., Ndlovu, M., Ramaremsa, G., & Tutu, H. (2022). Microplastics in freshwater environment: the first evaluation in sediment of the Vaal River, South Africa. *Heliyon*, 8(10), e11118. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11118>
- Sierra, Y. (2018). Guerra contra los plásticos desechables: ¿cuánto ha avanzado Latinoamérica? Mongabay Latam. <https://es.mongabay.com/2018/07/plasticos-desechablesleyes-latinoamerica/>
- Silva-Cavalcanti, J. S., Silva, J. D. B., de França, E. J., de Araújo, M. C. B., & Gusmao, F. (2017). Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing

- resource. *Environmental pollution*, 221, 218-226.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068>
- Sommer, F., Dietze, V., Baum, A., Sauer, J., Gilge, S., Maschowski, C., Gieré, R. (2018). Tire Abrasion as a Major Source of Microplastics in the Environment. *Aerosol and Air Quality Research*, 18: 2014-2028. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.03.0099>
- Sun, J., Zhu, Z.-R., Li, W.-H., Yan, X., Wang, L.-K., Zhang, L., Jin, J., Dai, X., & Ni, B.-J. (2021). Revisiting Microplastics in Landfill Leachate: Unnoticed Tiny Microplastics and Their Fate in Treatment Works. *Water Research*, 190, 116784. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116784>
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., ... & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304(5672), 838-838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>
- Tibbetts, J., Krause, S., Lynch, I., & Sambrook Smith, G. H. (2018). Abundance, distribution, and drivers of microplastic contamination in urban river environments. *Water*, 10(11), 1597. <https://doi.org/10.3390/w10111597>
- Toledo, M. Á. (2019), *Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro (nano) plásticos en el medioambiente y en la biota marina*. [Tesis de maestría, Universidad de Nacional de Educación a Distancia de España]. Repositorio Institucional UNED. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo>
- Tun, T. Z., Kunisue, T., Tanabe, S., Prudente, M., Subramanian, A., Sudaryanto, A., Viet, P. H., & Nakata, H. (2022). Microplastics in dumping site soils from six Asian countries as a source of plastic additives. *Science of the Total Environment*, 806, 150912. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150912>
- Urbanski, B.Q., Denadai, A.C., Azevedo-Santos, V.M., Nogueira, M.G. (2020). First record of plastic ingestion by an important commercial native fish (*Prochilodus lineatus*) in the middle Tietê river basin, Southeast Brazil. *Biota Neotropica*, 20 (3): e20201005. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1005>
- Ureta, S. N. (2022). *Determinación del nanoplásticos y microplásticos en contenido estomacal de peces amazónicos de consumo humano: carachama (*pseudorinelepis genibarbis*) toa (*hemisorubim platyrhynchos*), procedentes del río huallaga en el km 25 al noreste de tingo maria (aucayacu) 2021*. [Tesis pre grado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://distancia.udh.edu.pe/handle/123456789/3548>
- Üstün, G. E., Bozdaş, K., & Can, T. (2022). Abundance and characteristics of microplastics in

- an urban wastewater treatment plant in Turkey. *Environmental Pollution*, 310, 119890. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119890>
- Viršek, MK, Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P. y Kržan, A. (2016). Protocolo de muestreo de microplásticos en la superficie del mar y análisis de muestras. *JoVE (Diario de Experimentos Visualizados)*, (118), e55161. <https://dx.doi.org/10.3791/55161>
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., Martí, T., Rodríguez, S., Urbatzka, R., Vethaak, U., Winther, M., Reifferscheid, G. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, 26(12), 2-9. [doi:10.1186/s12302-014-0012-7](https://doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7)
- Waldman, W. R., & Rillig, M. C. (2020). Microplastic research should embrace the complexity of secondary particles. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02194>
- Waldschläger, K., & Schüttrumpf, H. (2019). Effects of particle properties on the settling and rise velocities of microplastics in freshwater under laboratory conditions. *Environmental science & technology*, 53(4), 1958-1966. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06794>
- Wang, X., Bolan, N., Tsang, D. C., Sarkar, B., Bradney, L., & Li, Y. (2021). A review of microplastics aggregation in aquatic environment: Influence factors, analytical methods, and environmental implications. *Journal of Hazardous Materials*, 402, 123496. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123496>
- Wicaksono, E., Werorilangi, S., Galloway, T., & Tahir, A. (2021). Distribution and seasonal variation of microplastics in tallo river, makassar, eastern indonesia. *Toxics*, 9(6), 129. <https://doi.org/10.3390/toxics9060129>
- Woodall, L. C., Sánchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., ... & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society open science*, 1(4), 140317. <https://doi.org/10.1098/rsos.140317>
- Yan, M., Wang, L., Dai, Y., Sun, H. y Liu, C. (2021). Comportamiento de los microplásticos en aguas continentales: agregación, asentamiento y transporte. *Boletín de Contaminación Ambiental y Toxicología*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-03087->
- Yang, L., Luo, W., Zhao, P., Zhang, Y., Kang, S., Giesy, J. P., & Zhang, F. (2021). Microplastics in the Koshi River, a remote alpine river crossing the Himalayas from



- China to Nepal. *Environmental Pollution*, 290, 118121. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118121>
- Zhang, L., Liu, J., Xie, Y., Zhong, S., Yang, B., Lu, D., & Zhong, Q. (2020). Distribution of microplastics in surface water and sediments of Qin river in Beibu Gulf, China. *Science of the Total Environment*, 708, 135176. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135176>
- Zhao, S., Zhu, L., LI, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 86 (2), 562-568. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.032>
- Zhao, X., Wang, J., Yee Leung, K. M., & Wu, F. (2022). Color: an important but overlooked factor for plastic photoaging and microplastic formation. *Environmental Science & Technology*, 56(13), 9161-9163. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02402>

**ANEXO**

### Anexo A. Matriz de datos

**Tabla 17.** Cantidad de microplásticos en sedimento y agua en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

Época	Punto de muestreo	Muestra	Repetición	Cantidad (500 ml) y (800g)
Avenida	Tambillo	Agua (MPs/L)	1	31
	Puente Corpac		1	25
	Moyuna		1	42
	Tambillo		2	32
	Puente Corpac		2	41
	Moyuna		2	67
Estiaje	Tambillo	Agua (MPs/L)	1	11
	Puente Corpac		1	11
	Moyuna		1	28
	Tambillo		2	10
	Puente Corpac		2	10
	Moyuna		2	18
Avenida	Tambillo	Sedimento (MPs/kg)	1	87
	Puente Corpac		1	83
	Moyuna		1	241
	Tambillo		2	111
	Puente Corpac		2	101
	Moyuna		2	220
Estiaje	Tambillo	Sedimento (MPs/kg)	1	156
	Puente Corpac		1	175
	Moyuna		1	273
	Tambillo		2	95
	Puente Corpac		2	112
	Moyuna		2	341

**Tabla 18.** Cantidad de microplásticos en sedimento y agua según la forma en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

Época	Punto de muestreo	Muestra	Rep.	Fibra	Fragmento	Film	Esfera	Esponja	Pellets	Suma (MPs/500 ml o MPs/800g)
Avenida	Tambillo	Agua	1	17	14	0	0	0	0	31
	Puente Corpac		1	24	1	0	0	0	0	25
	Moyuna		1	19	23	0	0	0	0	42
	Tambillo		2	18	14	0	0	0	0	32
	Puente Corpac		2	28	13	0	0	0	0	41
	Moyuna		2	36	31	0	0	0	0	67
Estiaje	Tambillo	Sedimento	1	8	3	0	0	0	0	11
	Puente Corpac		1	6	5	0	0	0	0	11
	Moyuna		1	20	8	0	0	0	0	28
	Tambillo		2	8	2	0	0	0	0	10
	Puente Corpac		2	10	0	0	0	0	0	10
	Moyuna		2	5	13	0	0	0	0	18
Avenida	Tambillo	Sedimento	1	23	17	7	8	2	30	87
	Puente Corpac		1	20	16	7	10	24	6	83
	Moyuna		1	24	104	19	40	17	37	241
	Tambillo		2	22	51	11	6	0	21	111
	Puente Corpac		2	16	29	19	8	0	29	101
	Moyuna		2	41	78	7	39	2	53	220
Estiaje	Tambillo	Sedimento	1	17	57	14	39	1	28	156
	Puente Corpac		1	31	61	27	20	3	33	175
	Moyuna		1	40	140	18	17	5	53	273
	Tambillo		2	20	32	10	12	3	18	95
	Puente Corpac		2	29	52	10	4	0	17	112
	Moyuna		2	42	139	26	28	12	94	341

Leyenda: **Rep:** repeticiones

**Tabla 19.** Cantidad de microplásticos en sedimento y agua según el color en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

Época	Punto de muestreo	Muestra	Repetición	Amarillo	Azul	Blanco	Transp	Naranja-Ámbar	Negro	Rojo	Verde	Suma (MPs/500 ml o MPs/800g)
Avenida	Tambillo		1	1	13	0	0	0	9	7	1	31
	Puente Corpac	Agua	1	5	10	0	1	0	3	6	0	25
	Moyuna		1	0	10	0	1	0	22	6	3	42
	Tambillo		2	1	1	0	0	0	27	3	0	32
	Puente Corpac	Agua	2	0	1	0	0	0	33	7	0	41
	Moyuna		2	2	0	0	0	10	48	6	1	67
Estiaje	Tambillo		1	0	4	0	0	0	6	1	0	11
	Puente Corpac	Agua	1	0	3	0	0	2	4	2	0	11
	Moyuna		1	0	14	0	0	0	4	5	5	28
	Tambillo		2	0	4	0	0	0	3	2	1	10
	Puente Corpac	Agua	2	0	4	0	0	0	3	2	1	10
	Moyuna		2	5	1	0	0	0	8	2	2	18
Avenida	Tambillo		1	4	10	2	0	4	56	10	1	87
	Puente Corpac	Sedimento	1	3	4	0	2	5	59	9	1	83
	Moyuna		1	4	5	15	10	30	148	25	4	241
	Tambillo		2	1	9	0	9	1	40	48	3	111
	Puente Corpac	Sedimento	2	3	3	0	11	0	60	16	8	101
	Moyuna		2	17	13	2	2	3	96	82	5	220
Estiaje	Tambillo		1	1	2	1	7	17	111	12	5	156
	Puente Corpac	Sedimento	1	10	7	3	23	0	85	35	12	175
	Moyuna		1	7	9	5	6	7	229	6	4	273
	Tambillo		2	1	9	2	8	0	64	8	3	95
	Puente Corpac	Sedimento	2	0	6	0	21	4	51	26	4	112
	Moyuna		2	2	21	12	23	0	214	63	6	341

Leyenda: **Transp:** transparente

**Tabla 20.** Cantidad de microplásticos en sedimento según la forma y tamaño en el río Huallaga tramo Tambillo – Moyuna.

Época	Punto de muestreo	Tamaño	Fibra	Fragmento	Film	Esfera	Esponja	Pellets	Suma (MPs/800g)
Avenida	Tambillo	0-68	0	10	3	4	0	23	40
		68-180	0	4	4	4	2	7	21
		180-500	7	2	0	0	0	0	9
		500-4.7	16	1	0	0	0	0	17
	Puente Corpac	0-68	0	8	3	10	24	0	45
		68-180	1	3	3	0	0	6	13
		180-500	3	4	1	0	0	0	8
		500-4.7	16	1	0	0	0	0	17
	Moyuna	0-68	0	27	3	29	0	24	83
		68-180	1	57	4	10	15	12	99
		180-500	4	19	8	1	1	1	34
		500-4.7	19	1	4	0	1	0	25
	Tambillo	0-68	0	26	3	4	0	14	47
		68-180	0	24	6	2	0	7	39
		180-500	4	1	2	0	0	0	7
		500-4.7	18	0	0	0	0	0	18
	Puente Corpac	0-68	0	12	3	4	0	24	43
		68-180	1	17	6	4	0	5	33
		180-500	3	0	7	0	0	0	10
		500-4.7	12	0	3	0	0	0	15
Moyuna	0-68	0	29	1	31	0	41	102	
	68-180	1	42	3	8	2	12	68	
	180-500	10	5	1	0	0	0	16	
	500-4.7	30	2	2	0	0	0	34	
Estiaje	Tambillo	0-68	0	10	2	27	0	16	55
		68-180	0	30	3	12	1	12	58
		180-500	4	16	6	0	0	0	26
		500-4.7	13	1	3	0	0	0	17
	Puente Corpac	0-68	0	23	4	17	0	24	68
		68-180	0	26	12	3	2	9	52
		180-500	8	12	10	0	1	0	31
		500-4.7	23	0	1	0	0	0	24
	Moyuna	0-68	0	32	4	10	2	29	77
		68-180	0	90	12	7	3	23	135
		180-500	7	18	2	0	0	1	28
		500-4.7	33	0	0	0	0	0	33
	Tambillo	0-68	0	18	4	11	3	13	49
		68-180	2	12	5	1	0	5	25
		180-500	5	2	1	0	0	0	8
		500-4.7	13	0	0	0	0	0	13
	Puente Corpac	0-68	0	28	6	4	0	14	52
		68-180	1	19	2	0	0	2	24
		180-500	4	4	2	0	0	1	11
		500-4.7	24	1	0	0	0	0	25
Moyuna	0-68	0	93	14	22	7	75	211	
	68-180	5	39	9	6	5	19	83	
	180-500	2	6	3	0	0	0	11	
	500-4.7	35	1	0	0	0	0	36	

**Tabla 21.** Cantidad de microplásticos en sedimento según el color y tamaño en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.

Época	Punto de muestreo	Tamaño	Amarillo	Azul	Bianco	Transpar ente	Naranja- Ámbar	Negro	Rojo	Verde	Suma
Avenida	Tambillo	0-68	0	1	0	0	4	29	6	0	40
		68-180	0	1	2	0	0	14	3	1	21
		180-500	0	4	0	0	0	5	0	0	9
		500-4.7	4	4	0	0	0	8	1	0	17
	Puente Corpac	0-68	0	1	0	0	2	37	4	1	45
		68-180	0	0	0	0	2	10	1	0	13
		180-500	0	1	0	1	1	4	1	0	8
		500-4.7	3	2	0	1	0	8	3	0	17
	Moyuna	0-68	0	1	0	2	9	61	10	0	83
		68-180	0	0	14	3	10	61	8	3	99
		180-500	0	1	1	4	7	18	2	1	34
		500-4.7	4	3	0	1	4	8	5	0	25
	Tambillo	0-68	0	0	0	2	0	20	25	0	47
		68-180	0	0	0	5	0	13	18	3	39
		180-500	0	1	0	2	1	3	0	0	7
		500-4.7	1	8	0	0	0	4	5	0	18
Puente Corpac	0-68	0	0	0	0	0	33	9	1	43	
	68-180	0	0	0	3	0	17	6	7	33	
	180-500	0	1	0	5	0	4	0	0	10	
	500-4.7	3	2	0	3	0	6	1	0	15	
Moyuna	0-68	0	0	0	0	0	64	37	1	102	
	68-180	0	2	2	1	1	18	41	3	68	
	180-500	0	4	0	0	2	6	4	0	16	
	500-4.7	17	7	0	1	0	8	0	1	34	
Estiaje	Tambillo	0-68	0	0	0	0	7	44	3	1	55
		68-180	0	0	1	1	5	46	3	2	58
		180-500	0	1	0	2	4	17	1	1	26
		500-4.7	1	1	0	4	1	4	5	1	17
	Puente Corpac	0-68	0	0	0	2	0	45	21	0	68
		68-180	0	0	2	9	0	24	11	6	52
		180-500	0	3	1	9	0	11	1	6	31
		500-4.7	10	4	0	3	0	5	2	0	24
	Moyuna	0-68	0	0	2	0	3	67	4	1	77
		68-180	0	3	3	3	3	120	1	2	135
		180-500	0	2	0	1	1	23	1	1	29
		500-4.7	7	4	0	2	0	19	0	1	33
	Tambillo	0-68	0	0	2	4	0	39	4	0	49
		68-180	0	0	0	3	0	17	2	3	25
		180-500	0	2	0	1	0	5	0	0	8
		500-4.7	1	7	0	0	0	3	2	0	13
Puente Corpac	0-68	0	0	0	9	3	22	16	2	52	
	68-180	0	0	0	8	0	10	5	1	24	
	180-500	0	1	0	2	1	5	2	0	11	
	500-4.7	0	5	0	2	0	14	3	1	25	
Moyuna	0-68	0	0	7	13	0	150	41	0	211	
	68-180	0	1	5	8	0	45	18	6	83	
	180-500	0	3	0	2	0	6	0	0	11	
	500-4.7	2	17	0	0	0	13	3	0	35	

**Tabla 22.** Cantidad de microplásticos en sedimento según el tamaño en el río Huallaga tramo Tambillo - Moyuna.

Época	Puntos de Muestreo	Tamaño de MPs en los sedimentos (MPs/800g)			
		0-68 $\mu$ m	68-180 $\mu$ m	180 $\mu$ m -500 $\mu$ m	500 $\mu$ m -4,7mm
Avenida	Tambillo	87	60	16	35
	Puente Corpac	88	46	18	32
	Moyuna	185	167	50	59
Estiaje	Tambillo	104	83	34	30
	Puente Corpac	120	76	42	49
	Moyuna	288	218	39	39

#### Anexo B. Análisis estadístico descriptivo.

**Tabla 23.** Estadística descriptiva de la concentración de microplásticos en sedimento respecto a los puntos de muestreo.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
MPs/kg en Tambillo	108,75	195,00	140,31	38,53
MPs/kg en Puente Corpac	103,75	218,75	147,19	49,99
MPs/kg en Moyuna	275,00	426,25	335,94	66,08

**Tabla 24.** Estadística descriptiva de la concentración de microplásticos en agua respecto a los puntos de muestreo.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
MPs/L en Tambillo	20,00	64,00	42,00	24,28
MPs/L en Puente Corpac	20,00	82,00	43,50	29,09
MPs/L en Moyuna	36,00	134,00	77,50	42,50



**Tabla 25.** Estadística descriptiva de la forma de microplásticos en sedimento y agua.

<b>Variable</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>
Fibra	5,00	42,00	21,83	10,75
Fragmento	0,00	140,00	37,63	41,10
Film	0,00	27,00	7,29	8,94
Esfera	0,00	40,00	9,63	13,70
Esponja	0,00	24,00	2,88	6,12
Pellets	0,00	94,00	17,46	23,97

**Tabla 26.** Estadística descriptiva del color de microplásticos en sedimento y agua.

<b>Variable</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>
Amarillo	0,00	17,00	2,79	3,98
Azul	0,00	21,00	6,79	5,15
Blanco	0,00	15,00	1,75	3,86
Transparente	0,00	23,00	5,17	7,57
Naranja-Ámbar	0,00	30,00	3,46	6,98
Negro	3,00	229,00	57,63	63,44
Rojo	1,00	82,00	16,21	21,01
Verde	0,00	12,00	2,92	2,95

**Tabla 27.** Estadística descriptiva del tamaño de microplásticos en sedimento.

<b>Variable</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>
Tamaño de MPs: 0-68 $\mu$ m	87,00	288,00	145,33	78,70
Tamaño de MPs: 68 $\mu$ m -180 $\mu$ m	46,00	218,00	108,33	68,38
Tamaño de MPs: 180 $\mu$ m -500 $\mu$ m	16,00	50,00	33,17	13,57
Tamaño de MPs: 500 $\mu$ m - 4.7mm	30,00	69,00	45,67	16,00

### Anexo C. Análisis estadístico inferencial.

**Tabla 28.** Prueba de normalidad de la concentración de microplásticos en sedimento y agua.

Variable	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CC	0,218	24	0,005	0,863	24	0,004

No tiene distribución normal-prueba no paramétrica.

Leyenda: CC: concentración

**Tabla 29.** Correlación Spearman en sedimentos y agua con respecto a la época, punto de muestreo y concentración de microplásticos.

Muestra		Época	P.M	CC		
Rho de Spearman	Agua	Época	Coefficiente de correlación	1	0,000	<b>-0,824**</b>
			Sig. (bilateral)		1,000	0,001
			N	12	12	12
	Agua	P.M	Coefficiente de correlación	0,000	1	0,386
			Sig. (bilateral)	1,000		0,216
			N	12	12	12
	Sedimento	MPsXL	Coefficiente de correlación	<b>-0,824**</b>	0,386	1
			Sig. (bilateral)	0,001	0,216	
			N	12	12	12
	Sedimento	Época	Coefficiente de correlación	1	0,000	0,386
			Sig. (bilateral)		1,000	0,215
			N	12	12	12
Sedimento	P.M	Coefficiente de correlación	0,000	1	<b>0,739**</b>	
		Sig. (bilateral)	1,000		0,006	
		N	12	12	12	
Sedimento	CC	Coefficiente de correlación	0,386	<b>0,739**</b>	1	
		Sig. (bilateral)	0,215	0,006		
		N	12	12	12	

Leyenda: PM: punto de muestreo y CC: concentración

**Tabla 30.** Prueba de normalidad del color de microplásticos en sedimento y agua.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Amarillo	0,241	24	0,001	0,716	24	0,000
Azul	0,164	24	0,092	0,923	24	0,069
Blanco	0,342	24	0,000	0,524	24	0,000
Transparente	0,287	24	0,000	0,714	24	0,000
Naranja_Ambar	0,310	24	0,000	0,571	24	0,000
Negro	0,210	24	0,008	0,804	24	0,000
Rojo	0,288	24	0,000	0,700	24	0,000
Verde	0,201	24	0,014	0,855	24	0,003
MPs	0,185	24	0,034	0,848	24	0,002

No tiene distribución normal-prueba no paramétrica.

**Tabla 31.** Correlación Spearman en sedimentos con respecto al color de microplásticos.

		Amarillo	Azul	Blanco	Transparente	Naranja_Ambar	Negro	Rojo	Verde	
Rho de Spearman	Amarillo	Coefficiente de correlación	1	0,274	0,515	-0,268	0,061	0,424	0,085	0,247
		Sig. (bilateral)		0,389	0,087	0,400	0,850	0,169	0,793	0,439
		N	12	12	12	12	12	12	12	12
	Azul	Coefficiente de correlación	0,274	1	0,433	-0,099	-0,377	0,127	0,345	-0,096
		Sig. (bilateral)	0,389		0,159	0,760	0,227	0,695	0,272	0,766
		N	12	12	12	12	12	12	12	12
	Blanco	Coefficiente de correlación	0,51	0,43	1	0,16	0,10	<b>0,796**</b>	0,05	0,25
		Sig. (bilateral)	0,09	0,16		0,63	0,75	0,00	0,87	0,43
		N	12	12	12	12	12	12	12	12
	Transparente	Coefficiente de correlación	-0,27	-0,10	0,16	1	-0,47	0,10	0,46	<b>0,650*</b>
		Sig. (bilateral)	0,40	0,76	0,63		0,12	0,76	0,13	0,02
		N	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
	Naranja_Ambar	Coefficiente de correlación	0,06	-0,38	0,10	-0,47	1	0,22	-0,35	-0,38
		Sig. (bilateral)	0,85	0,23	0,75	0,12		0,49	0,27	0,23
		N	12	12	12	12	12	12	12	12
	Negro	Coefficiente de correlación	0,42	0,13	<b>0,796**</b>	0,10	0,22	1	-0,06	0,46
		Sig. (bilateral)	0,17	0,69	0,00	0,76	0,49		0,86	0,13
		N	12	12	12	12	12	12	12	12
Rojo	Coefficiente de correlación	0,08	0,35	0,05	0,46	-0,35	-0,06	1	0,50	
	Sig. (bilateral)	0,79	0,27	0,87	0,13	0,27	0,86		0,10	
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	
Verde	Coefficiente de correlación	0,25	-0,10	0,25	<b>0,650*</b>	-0,38	0,46	0,50	1	
	Sig. (bilateral)	0,44	0,77	0,43	0,02	0,23	0,13	0,10		
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

**Tabla 32.** Correlación Spearman en agua con respecto al color de microplásticos.

		Amarillo	Azul	Transparente	Naranja_ Ambar	Negro	Rojo	Verde		
Rho de Spearman	Agua	Amarillo	Coef. Correlación	1	-0,257	0,181	0,108	0,201	0,253	-0,043
			Sig. (bilateral)		0,421	0,573	0,737	0,530	0,427	0,893
			N	12	12,000	12	12	12	12	12
		Azul	Coef. Correlación	-0,257	1	0,395	-0,481	-0,516	0,146	0,368
			Sig. (bilateral)	0,421		0,204	0,114	0,086	0,651	0,239
			N	12	12	12	12	12	12	12
		Transparente	Coef. Correlación	0,181	0,395	1	-0,199	-0,131	0,333	0,068
			Sig. (bilateral)	0,573	0,204		0,535	0,686	0,291	0,833
			N	12	12	12	12	12	12	12
	Naranja_ Ambar	Coef. Correlación	0,108	-0,481	-0,199	1	0,268	-0,003	-0,145	
		Sig. (bilateral)	0,737	0,114	0,535		0,399	0,993	0,653	
		N	12	12	12	12	12	12	12	
	Negro	Coef. Correlación	0,201	-0,516	-0,131	0,268	1	0,509	-0,026	
		Sig. (bilateral)	0,530	0,086	0,686	0,399		0,091	0,936	
		N	12	12	12	12	12	12	12	
	Rojo	Coef. Correlación	0,253	0,146	0,333	-0,003	0,509	1	0,078	
		Sig. (bilateral)	0,427	0,651	0,291	0,993	0,091		0,810	
		N	12	12	12	12	12	12	12	
	Verde	Coef. Correlación	-0,043	0,368	0,068	-0,145	-0,026	0,078	1	
		Sig. (bilateral)	0,893	0,239	0,833	0,653	0,936	0,810		
		N	12	12	12	12	12	12	12	

**Tabla 33.** Prueba de normalidad del tamaño del microplásticos.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0 - 68µm	0,293	6	0,117	0,805	6	0,065
68 µm - 180µm	0,311	6	0,071	0,853	6	0,168
180 µm - 500µm	0,201	6	<b>0,200*</b>	0,916	6	0,476
500 µm - 4.7mm	0,248	6	<b>0,200*</b>	0,898	6	0,361

Tiene distribución normal-prueba paramétrica

**Tabla 34.** Correlación Pearson de microplásticos en sedimentos y agua con respecto a la época, punto de muestreo y concentración.

Correlación paramétrica

		0 - 68 $\mu$ m	68 - 180 $\mu$ m	180 - 500 $\mu$ m	500 - 4.7 $\mu$ m	
R Pearson	0 - 68 $\mu$ m	Correlación de Pearson	1	<b>0,975**</b>	0.583	<b>0,926**</b>
		Sig. (bilateral)		0.001	0.225	0.008
		N	6	6	6	6
	68 - 180 $\mu$ m	Correlación de Pearson	<b>0,975**</b>	1	0.667	<b>0,914*</b>
		Sig. (bilateral)	0.001		0.148	0.011
		N	6	6	6	6
	180 - 500 $\mu$ m	Correlación de Pearson	0.583	0.667	1	0.707
		Sig. (bilateral)	0.225	0.148		0.116
		N	6	6	6	6
	500 - 4.7 $\mu$ m	Correlación de Pearson	<b>0,926**</b>	<b>0,914*</b>	0.707	1
		Sig. (bilateral)	0.008	0.011	0.116	
		N	6	6	6	6

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\*.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Anexo C: Espectros característicos

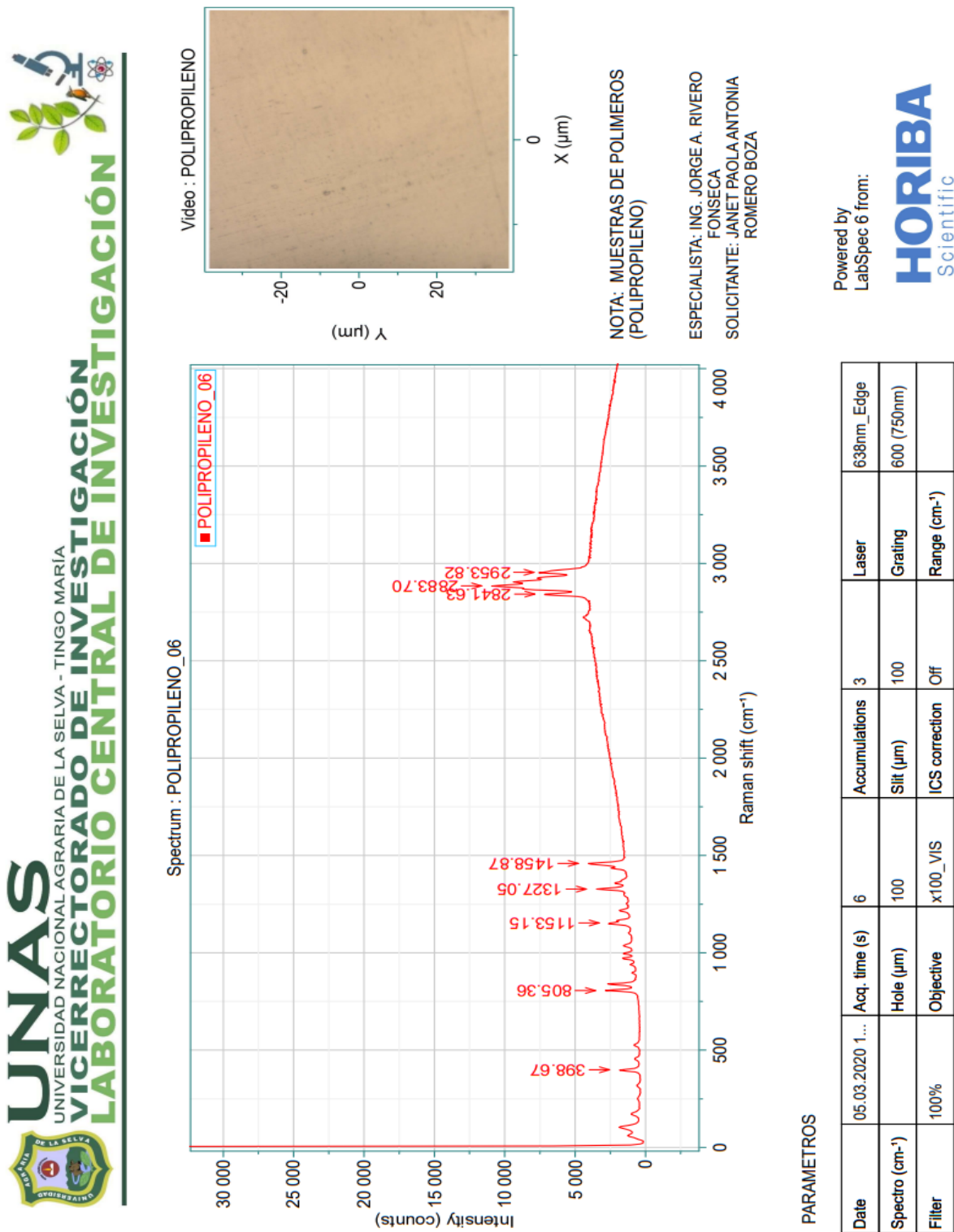
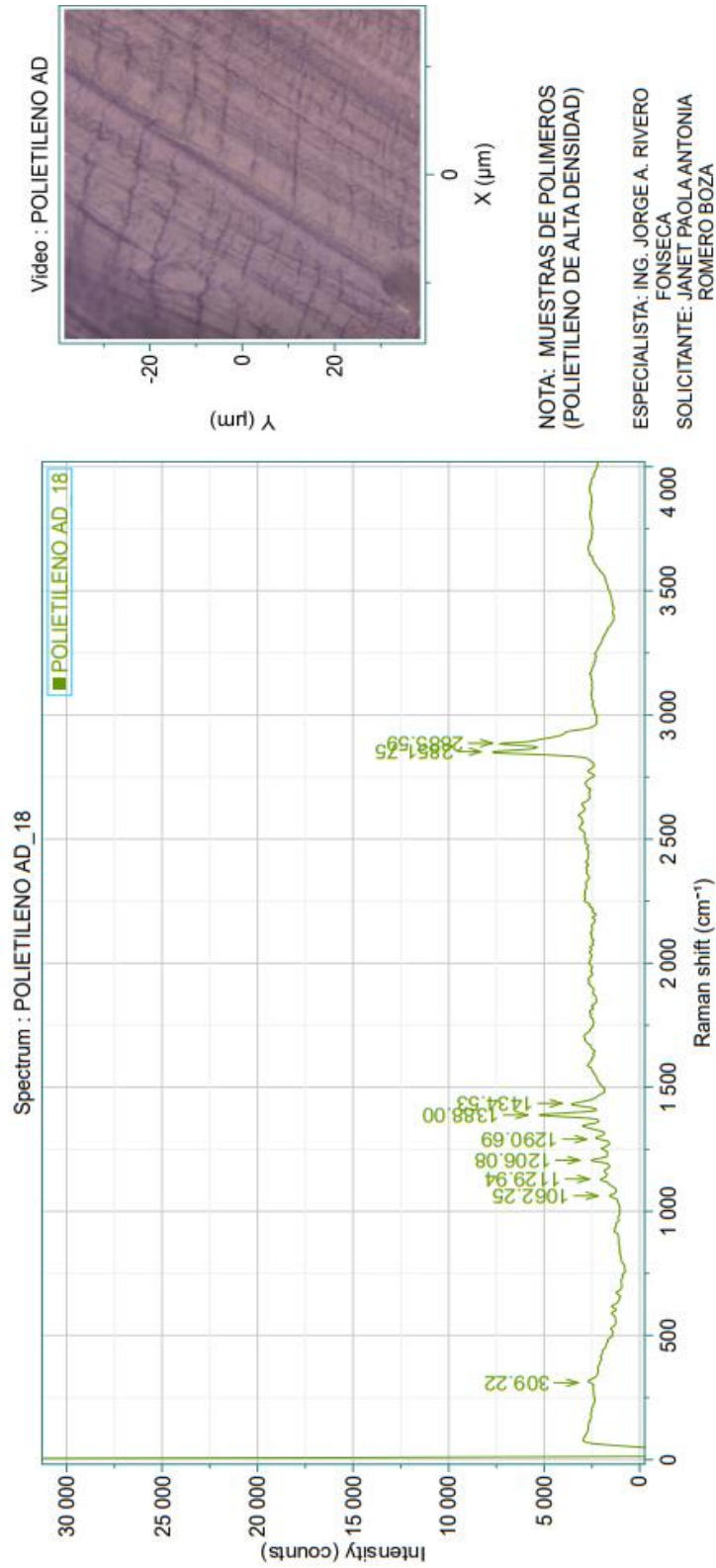


Figura 23. Polipropileno (PP).



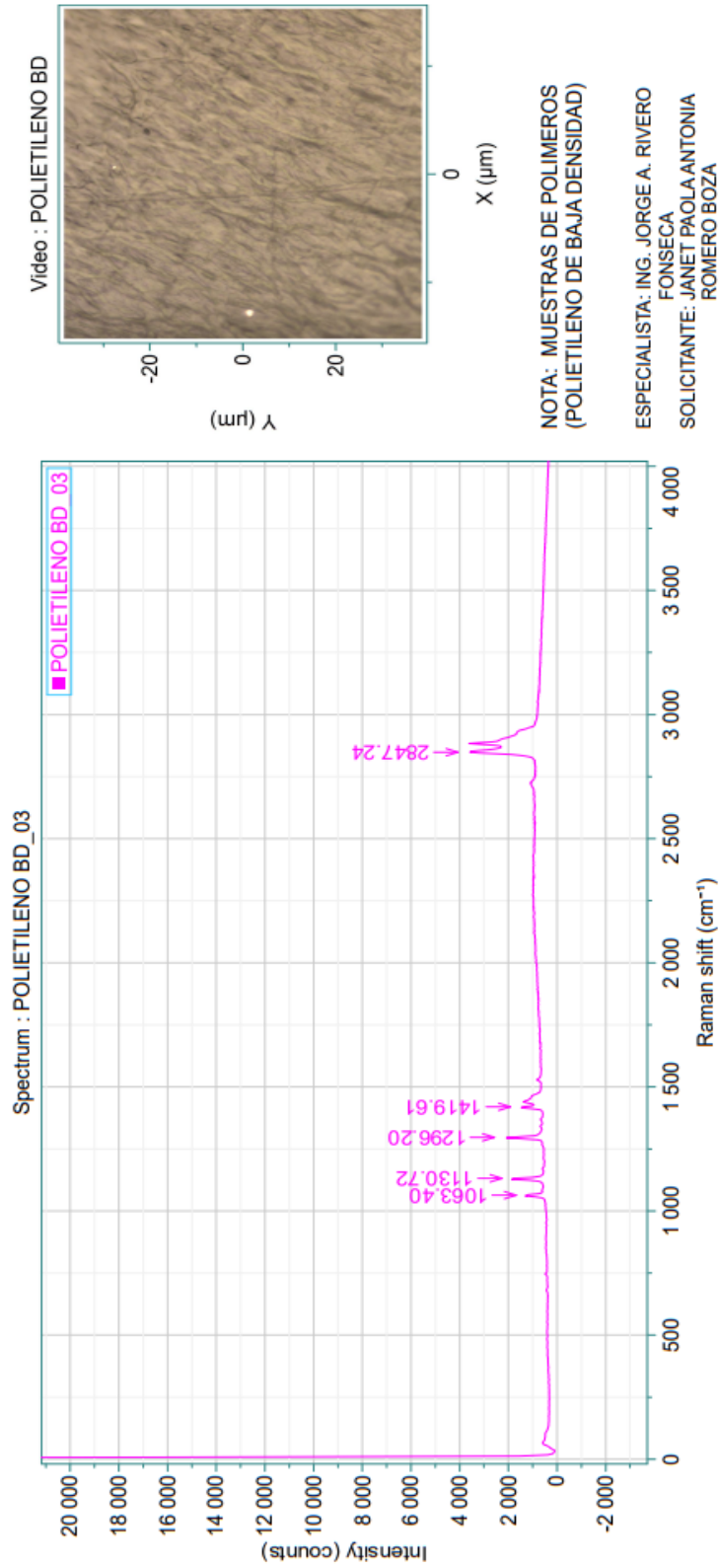
PARAMETROS

Date	02.03.2020 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	10	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm <sup>-1</sup> )		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm <sup>-1</sup> )	

Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

Figura 24. Polietileno de alta densidad (HDPE o PAD).



PARAMETROS

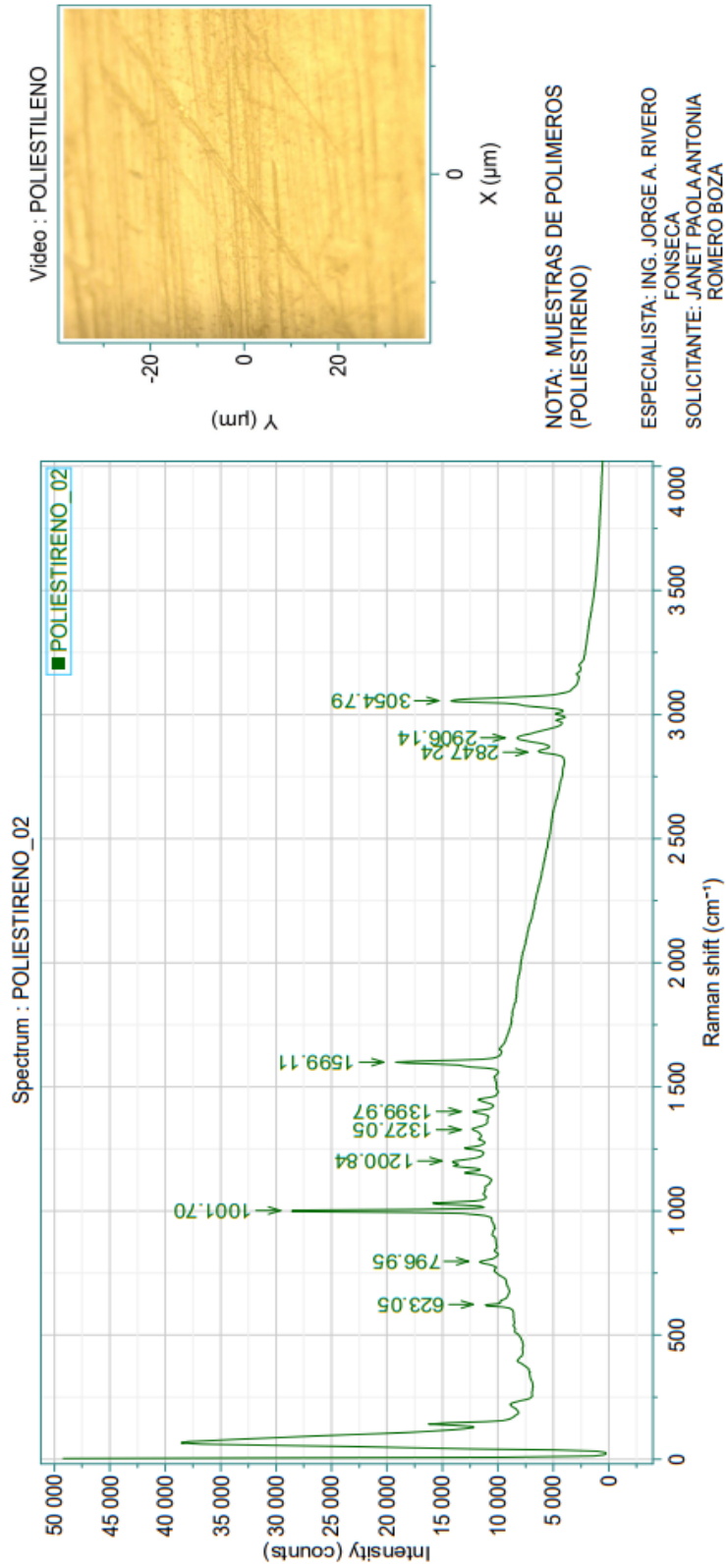
Date	10.03.2020 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	6	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm <sup>-1</sup> )		Hole (µm)	100	Silt (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm <sup>-1</sup> )	

Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

Figura 25. Polietileno de baja densidad (LDPE o PEBD).





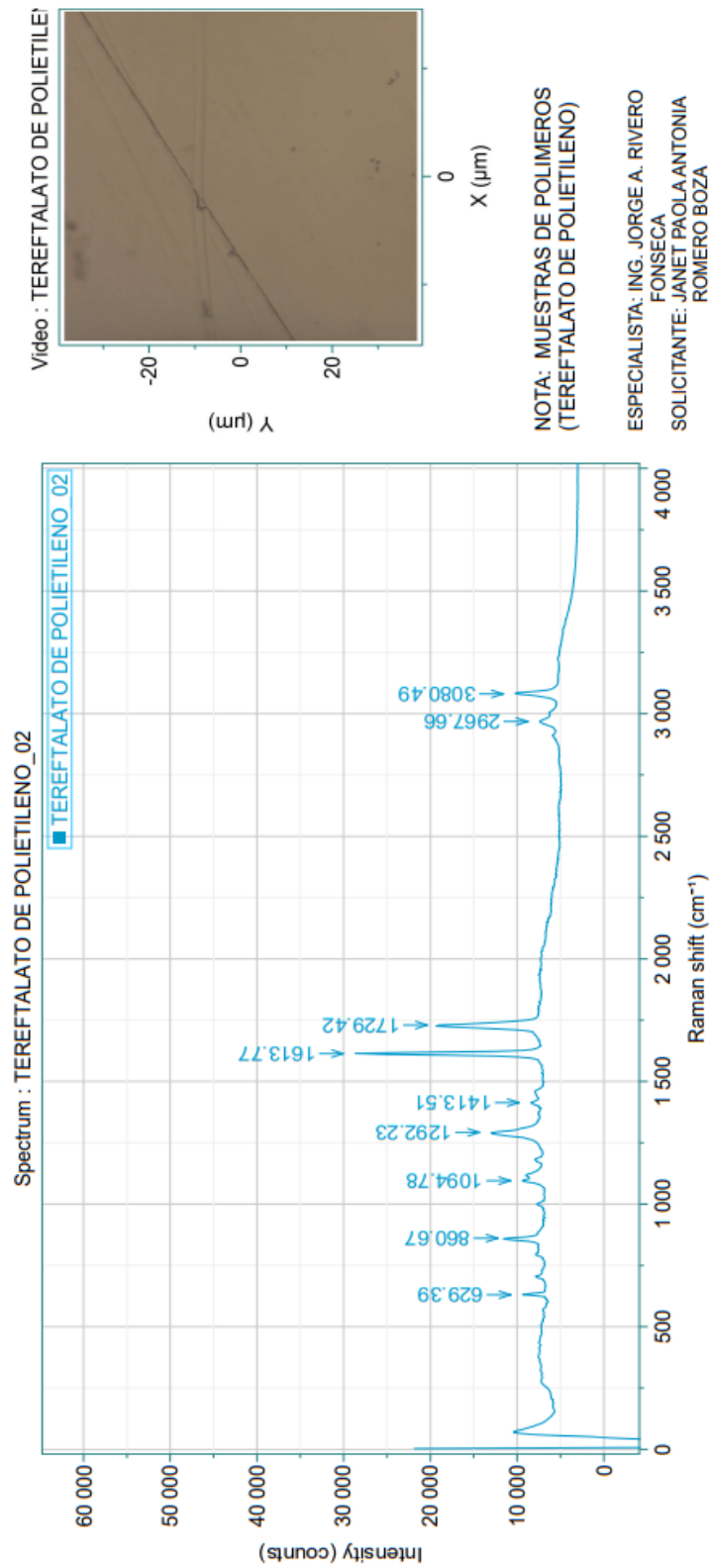
PARAMETROS

Date	10.03.2020 1...	Acq. time (s)	5	Accumulations	11	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm <sup>-1</sup> )		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm <sup>-1</sup> )	

Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

Figura 26. Poliestireno (PS).



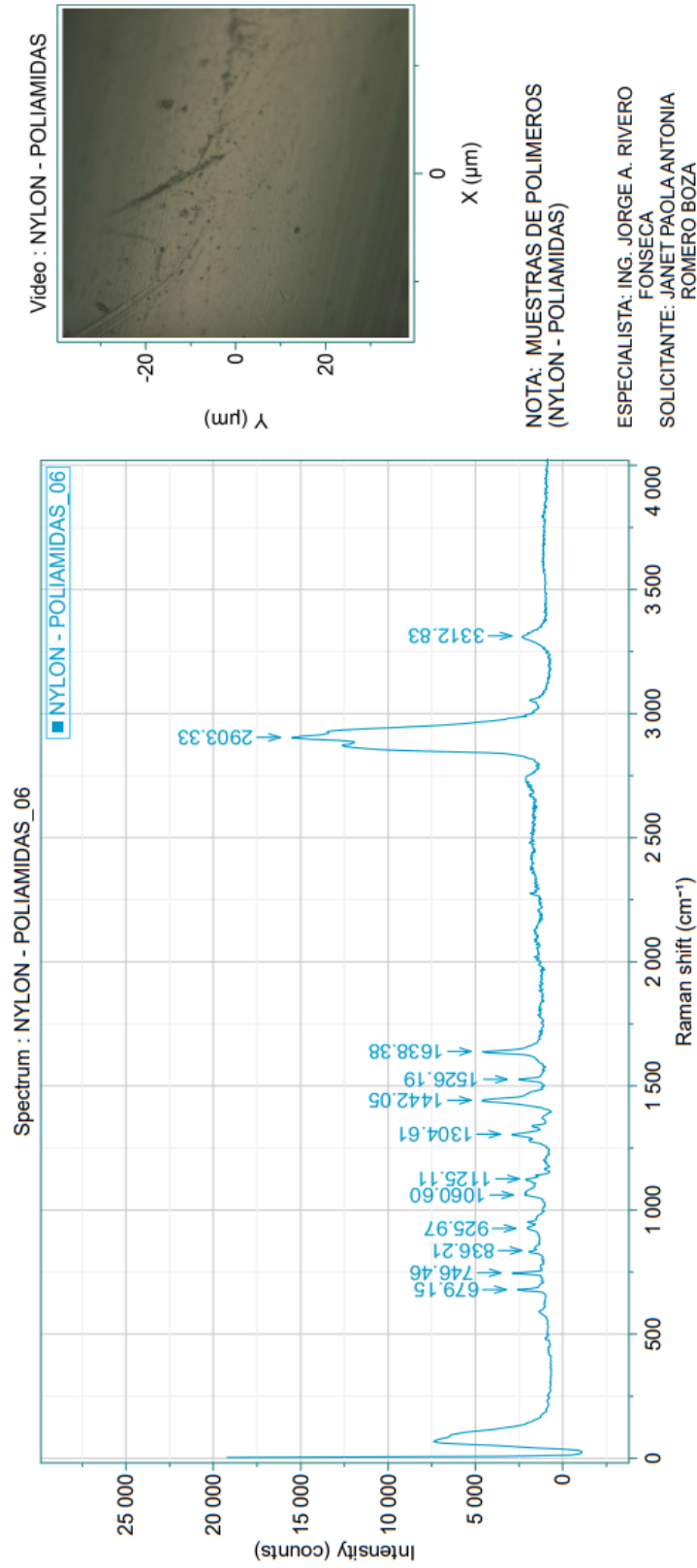
PARAMETROS

Date	05.03.2020 1...	Acq. time (s)	2	Accumulations	6	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm <sup>-1</sup> )		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm <sup>-1</sup> )	

Powered by LabSpec 6 from:



Figura 27. Tereftalato de polietileno (PET).



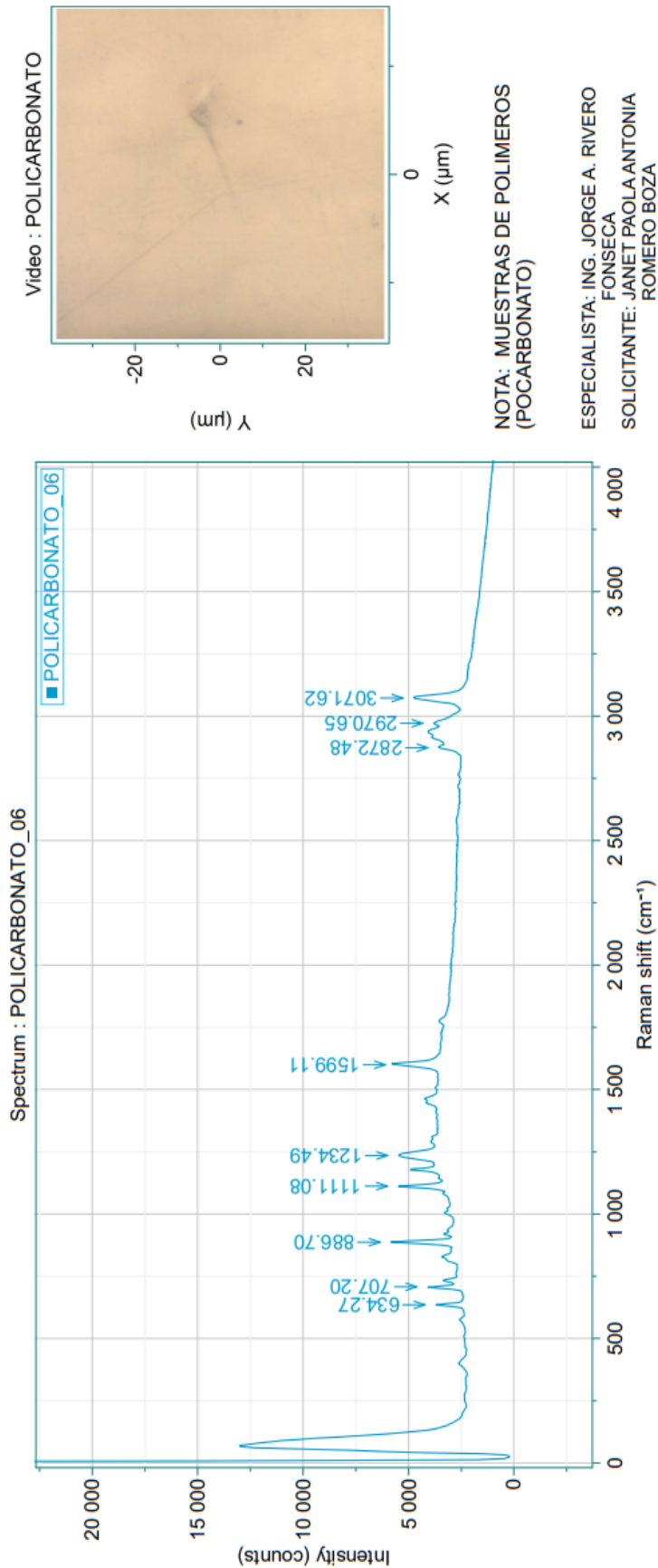
PARAMETROS

Date	11.03.2020 0...	Acq. time (s)	5	Accumulations	1	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm <sup>-1</sup> )		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm <sup>-1</sup> )	

Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

Figura 28. Nylon Poliamidas.



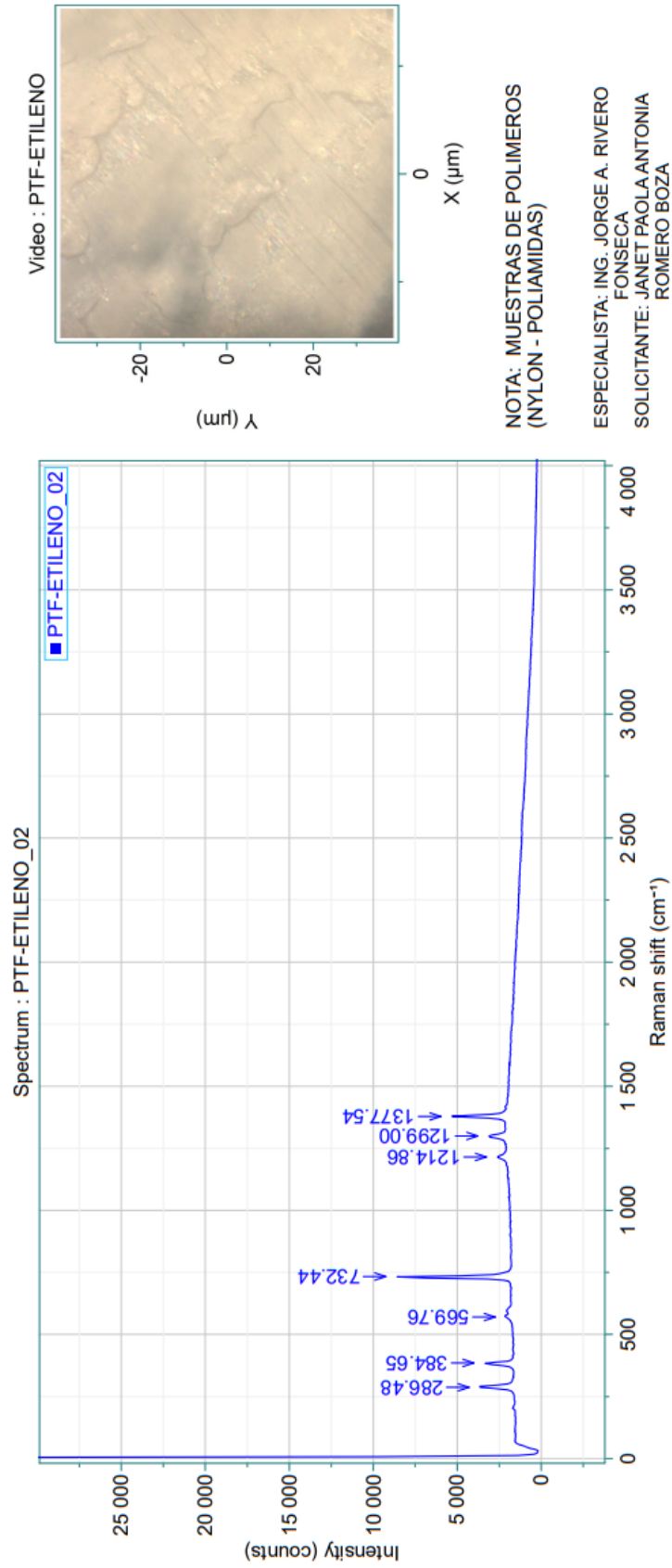
PARAMETROS

Date	10.03.2020 1...	Acq. time (s)	5	Accumulations	11	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm <sup>-1</sup> )		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm <sup>-1</sup> )	

Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

Figura 29. Policarbonato (PC).



PARAMETROS

Date	11.03.2020 1...	Acq. time (s)	6	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm <sup>-1</sup> )		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm <sup>-1</sup> )	

Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

Figura 30. Politetrafluoroetileno (PTFE).



## “UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN



### Cuadro de identificación de microplásticos

N° Microplástico	Tipo	Coloración	Identificación	%
1	Fragmento	Amarillo	Polietileno de baja densidad	92.63%
2	Filamento	Negro	Nylon-poliamidas	96.91%
3	Fragmento	Naranja	Poliestireno	94.62%
4	Fragmento	Marrón	Poliestireno	95.06%
5	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	95.49%
6	Fragmento	Naranja	Poliestireno	99.02%
7	Fragmento	Naranja	Polietileno de baja densidad	87.15%
8	Fragmento	Marrón	Cloruro de polivinilo	91.92%
9	Fragmento	Negro	Polipropileno	90.10%
10	Filamento	Marrón	Tereftalato de polietileno	99.69%
11	Fragmento	Cristalino	Polipropileno	89.77%
12	Fragmento	Verde	Polietileno de alta densidad	97.20%
13	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	88.07%
14	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	91.94%
15	Fragmento	Naranja	Polietileno de baja densidad	91.22%
16	Fragmento	Negro	Poliestireno	99.76%
17	Fragmento	Cristalino	Polipropileno	90.89%
18	Fragmento	Amarillo	Polietileno de baja densidad	87.33%
19	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	94.11%
20	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	99.41%
21	Fragmento	Negro	Poliestireno	89.03%
22	Fragmento	Cristalino	Polipropileno	96.98%
23	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	97.35%
24	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	91.13%
25	Fragmento	Amarillo	Polietileno de alta densidad	98.93%
26	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	98.76%
27	Filamento	Cristalino	Nylon-poliamidas	93.96%
28	Fragmento	Cristalino	Cloruro de polivinilo	95.49%
29	Fragmento	Marrón	Poliestireno	93.67%
30	Fragmento	Cristalino	Polipropileno	93.34%

**Figura 31.** Identificación del compuesto plástico.



## “UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA”

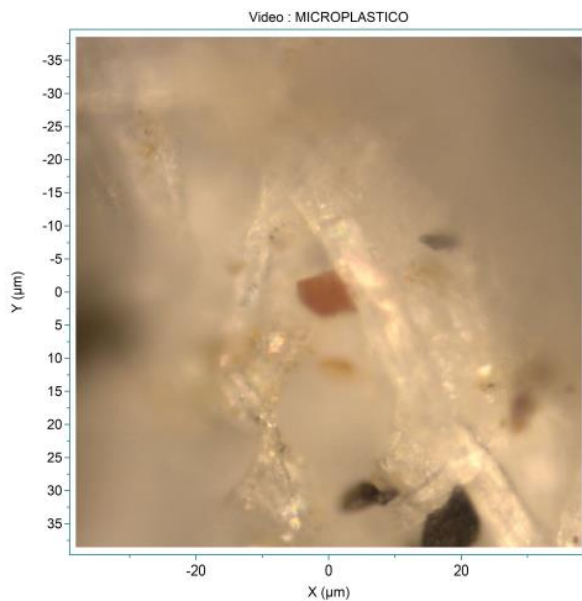
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LABORATORIO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN



N° Microplástico	Tipo	Coloración	Identificación	%
31	Filamento	Negro	Tereftalato de polietileno	99.63%
32	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	86.69%
33	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	99.75%
34	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	89.60%
35	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	98.19%
36	Fragmento	Amarillo	Polietileno de alta densidad	99.02%
37	Fragmento	Cristalino	Polipropileno	91.71%
38	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	92.22%
39	Fragmento	Naranja	Poliestireno	97.14%
40	Fragmento	Cristalino	Cloruro de polivinilo	98.80%
41	Fragmento	Cristalino	Polietileno de alta densidad	91.76%
42	Fragmento	Cristalino	Polipropileno	97.47%
43	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	86.19%
44	Filamento	Marrón	Nylon-poliámidas	89.62%
45	Fragmento	Cristalino	Polipropileno	95.59%
46	Fragmento	Cristalino	Polietileno de baja densidad	91.20%
47	Fragmento	Cristalino	Polietileno de alta densidad	90.29%
48	Fragmento	Negro	Poliestireno	89.16%
49	Fragmento	Cristalino	Polipropileno	98.83%
50	Fragmento	Naranja	Polietileno de alta densidad	98.56%

**Figura 32.** Identificación del compuesto plástico.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO  
FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

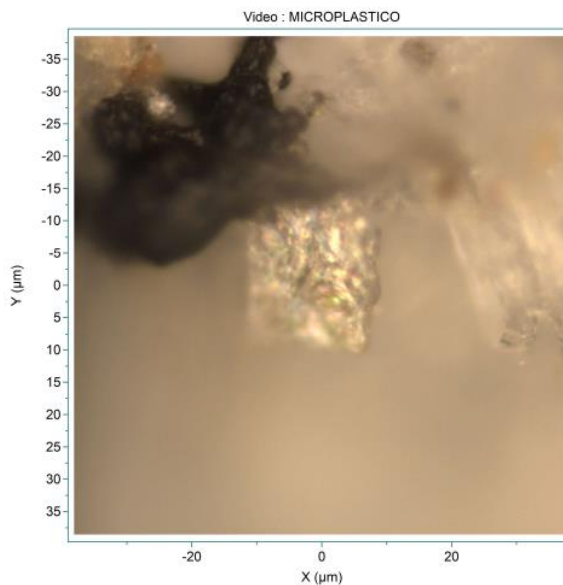
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

14.12.2020 8:08

1/1

**Figura 33.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO  
FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

Powered by  
LabSpec 6 from:

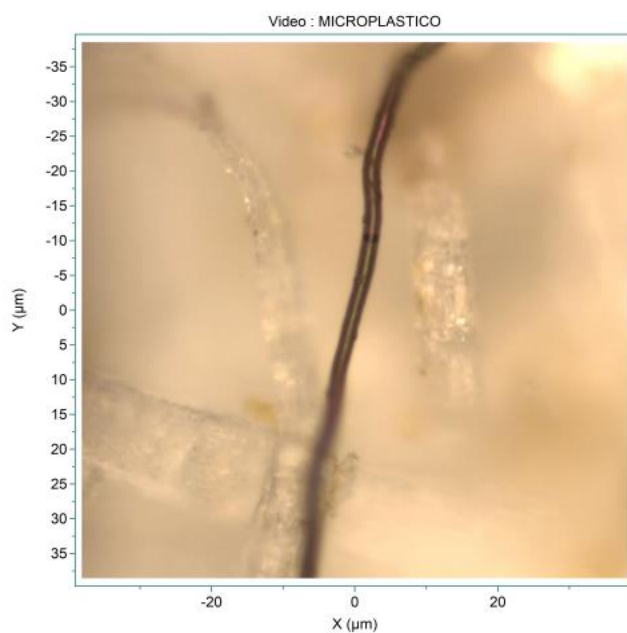
**HORIBA**  
Scientific

14.12.2020 9:10

1/1

**Figura 34.** Muestra de microplástico en sedimento.





NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO  
FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

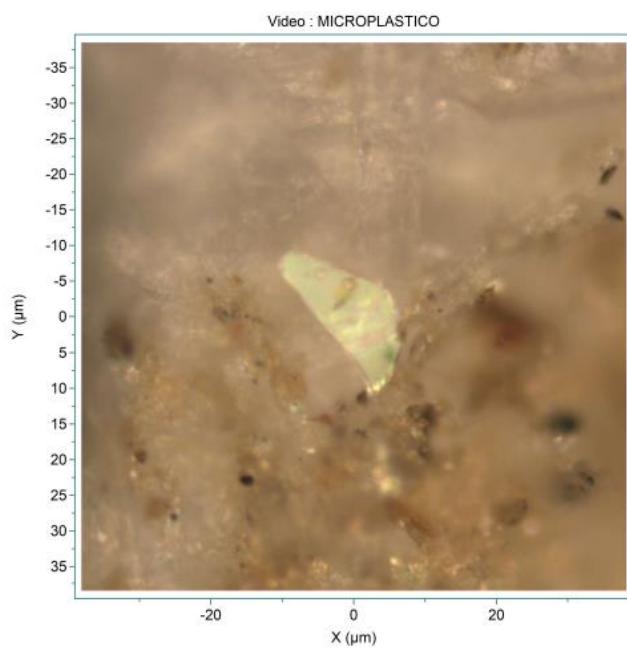
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

14.12.2020 10:15

1/1

**Figura 35.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO  
FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

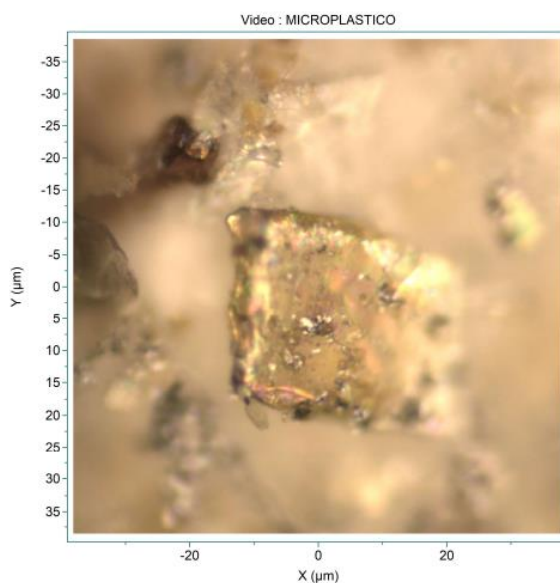
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

14.12.2020 11:21

1/1

**Figura 36.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

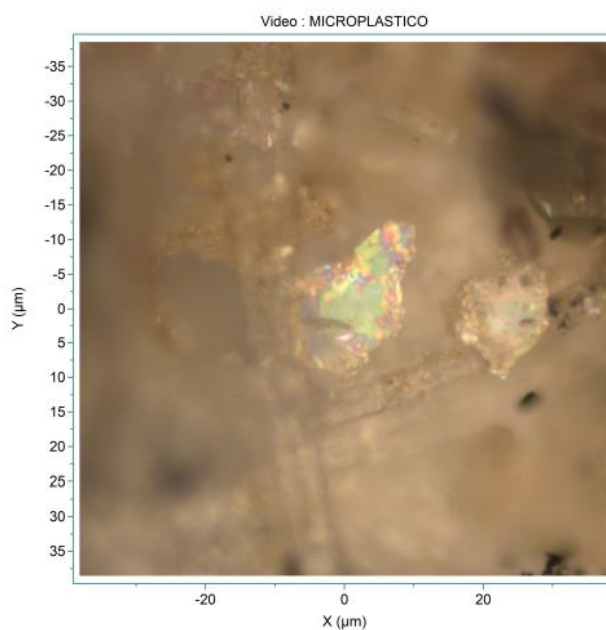
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

14.12.2020 12:08

1/1

**Figura 37.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

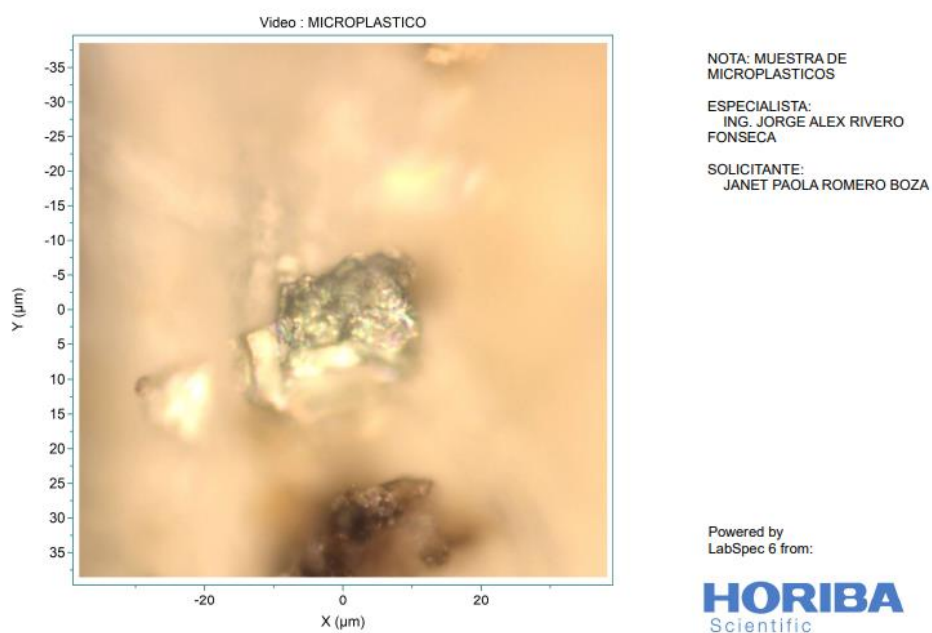
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

15.12.2020 8:15

1/1

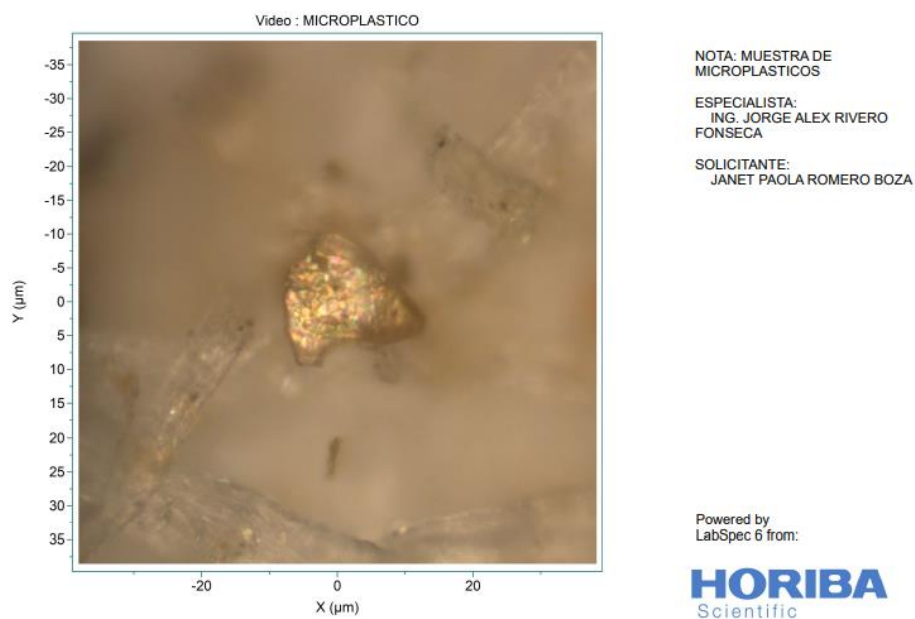
**Figura 38.** Muestra de microplástico en sedimento.



15.12.2020 9:18

1/1

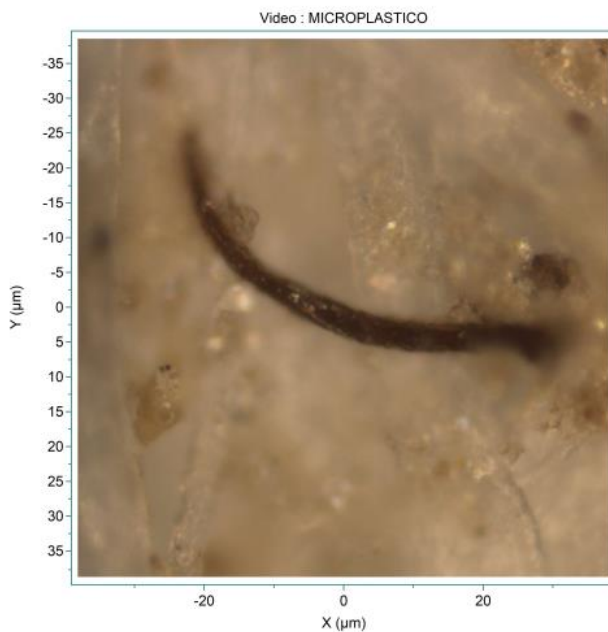
**Figura 39.** Muestra de microplástico en sedimento.



15.12.2020 9:55

1/1

**Figura 40.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

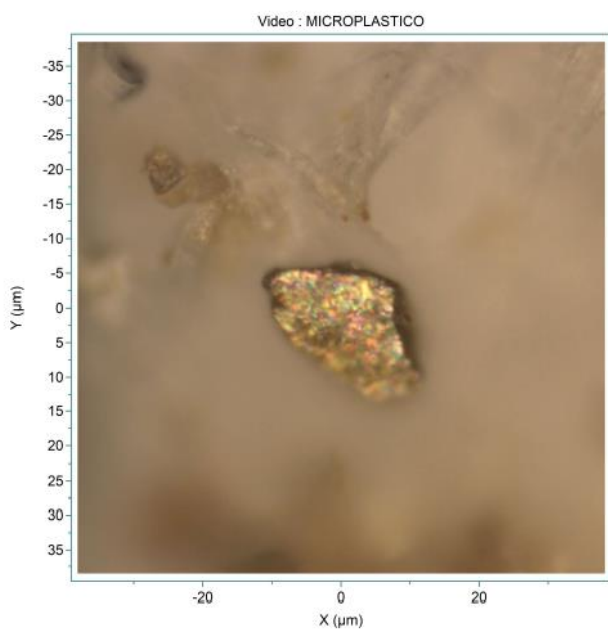
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
 Scientific

15.12.2020 10:30

1/1

**Figura 41.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

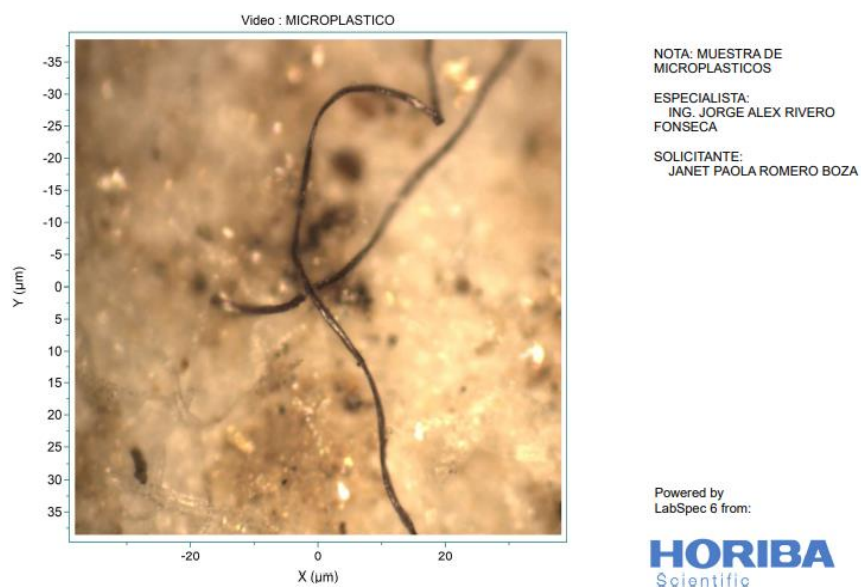
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
 Scientific

15.12.2020 10:53

1/1

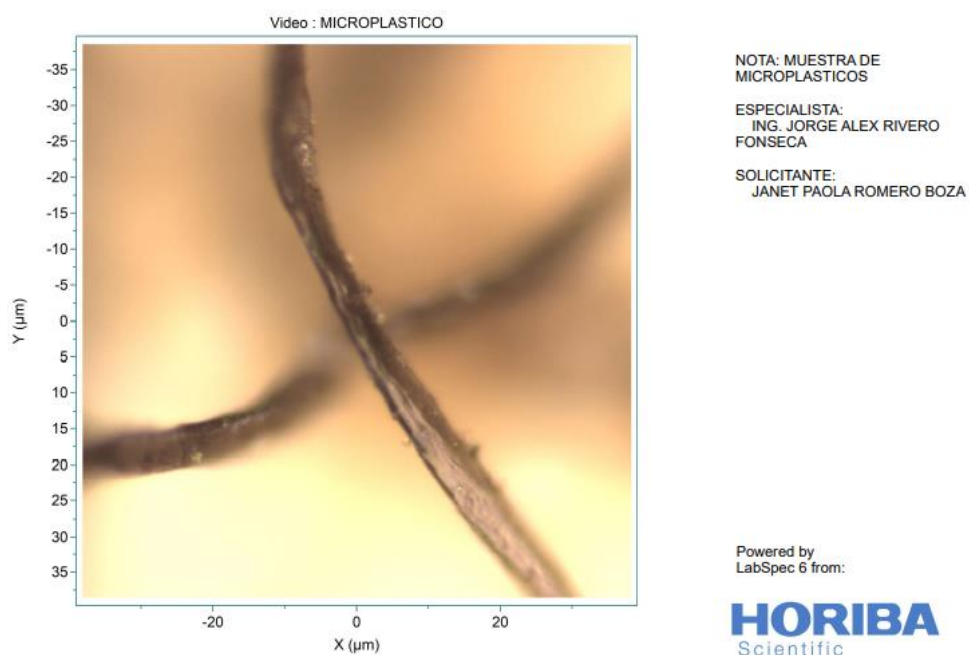
**Figura 42.** Muestra de microplástico en sedimento.



15.12.2020 11:15

1/1

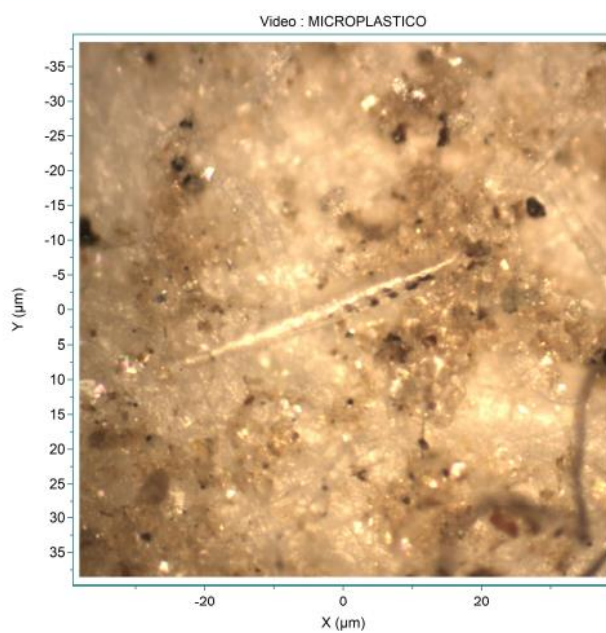
**Figura 43.** Muestra de microplástico en sedimento.



15.12.2020 11:44

1/1

**Figura 44.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

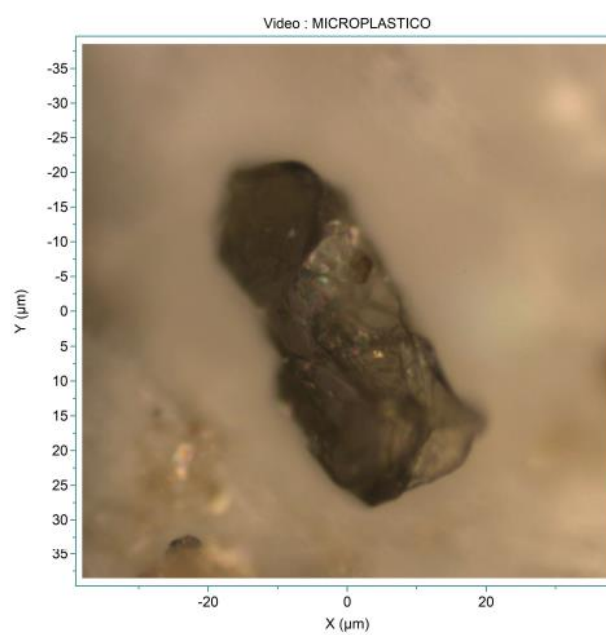
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

15.12.2020 12:03

1/1

**Figura 45.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

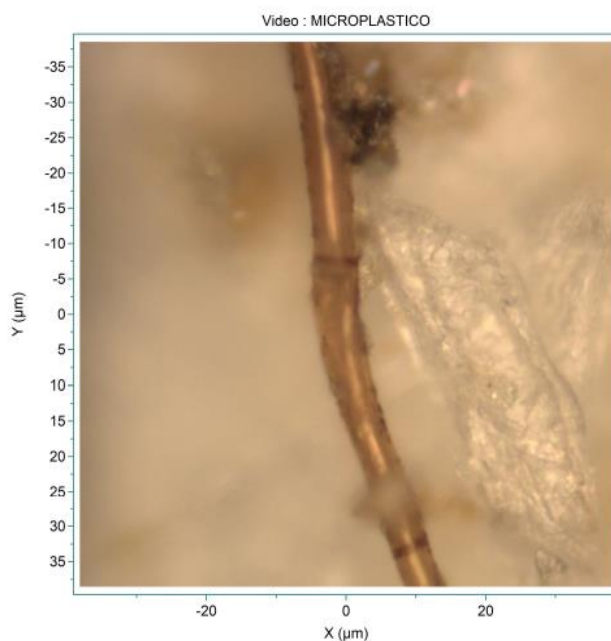
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

15.12.2020 12:58

1/1

**Figura 46.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

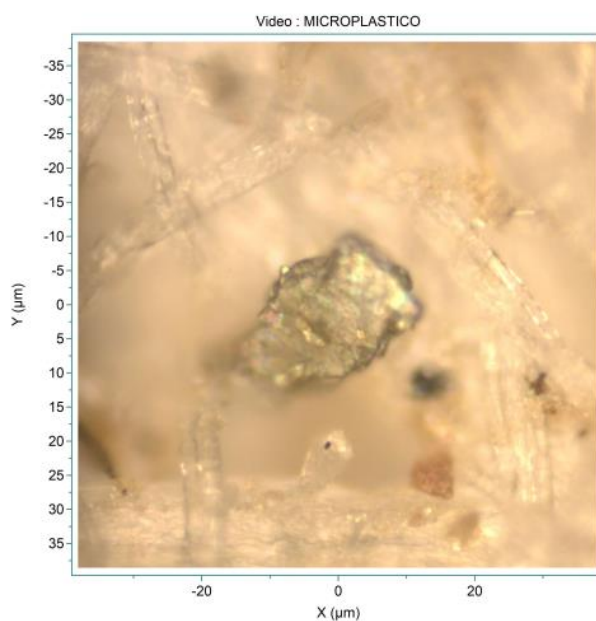
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

16.12.2020 08:09

1/1

**Figura 47.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

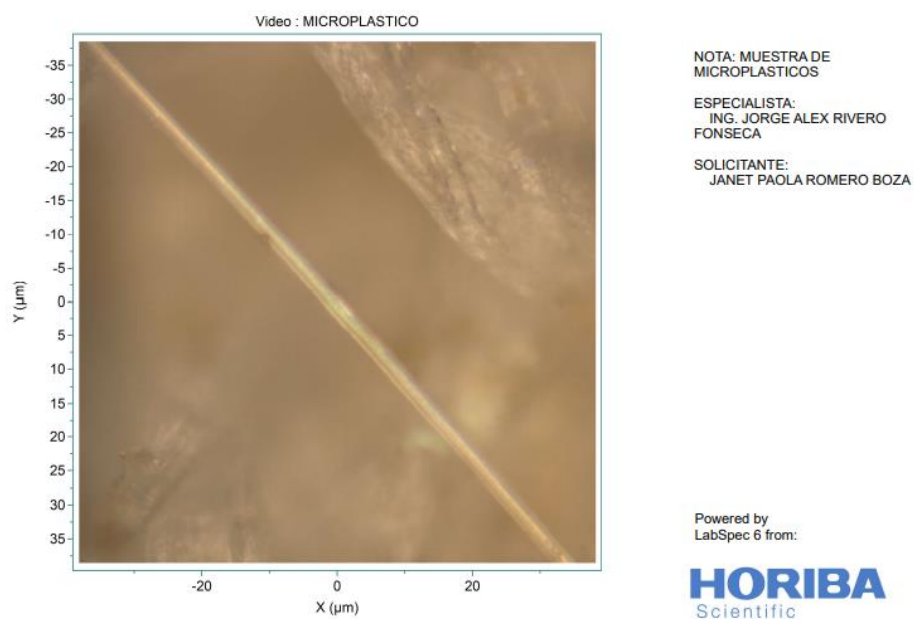
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

16.12.2020 08:25

1/1

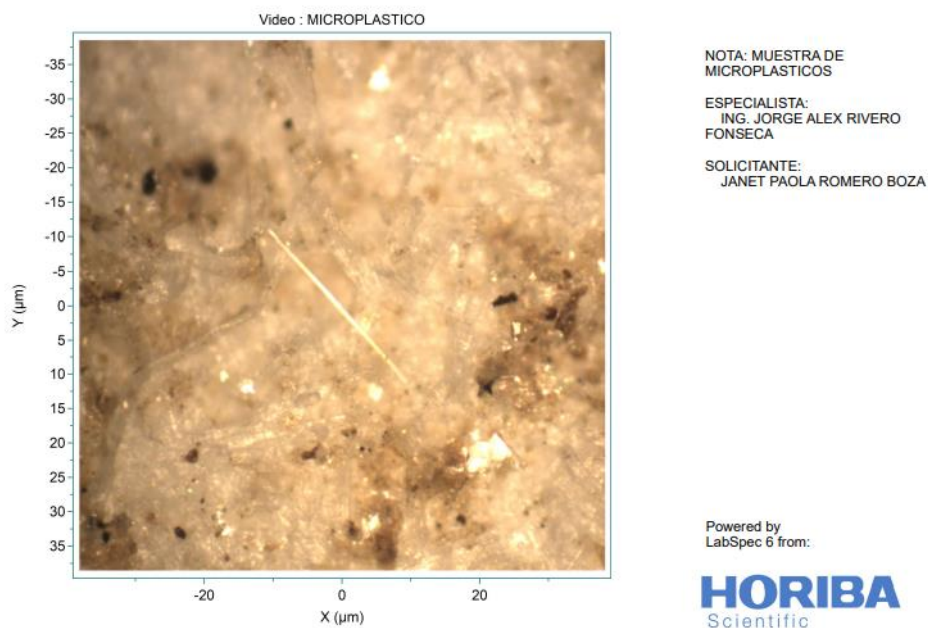
**Figura 48.** Muestra de microplástico en sedimento.



16.12.2020 08:48

1/1

**Figura 49.** Muestra de microplástico en sedimento.

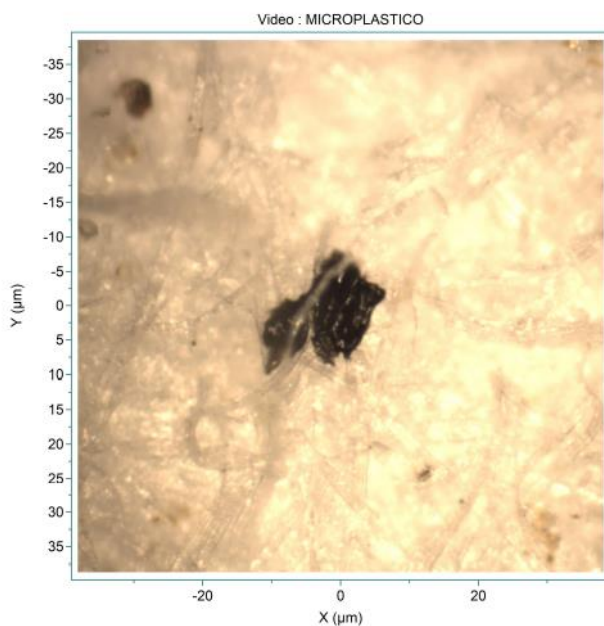


16.12.2020 09:12

1/1

**Figura 50.** Muestra de microplástico en sedimento.





NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

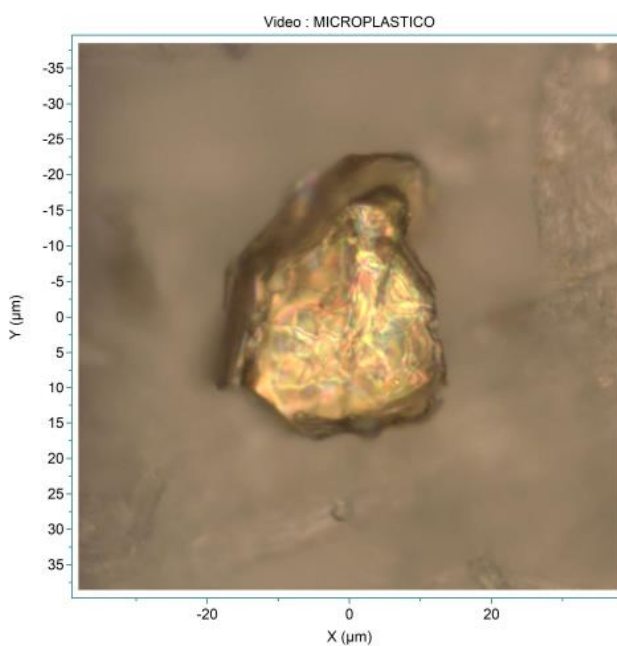
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

16.12.2020 09:34

1/1

**Figura 51.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

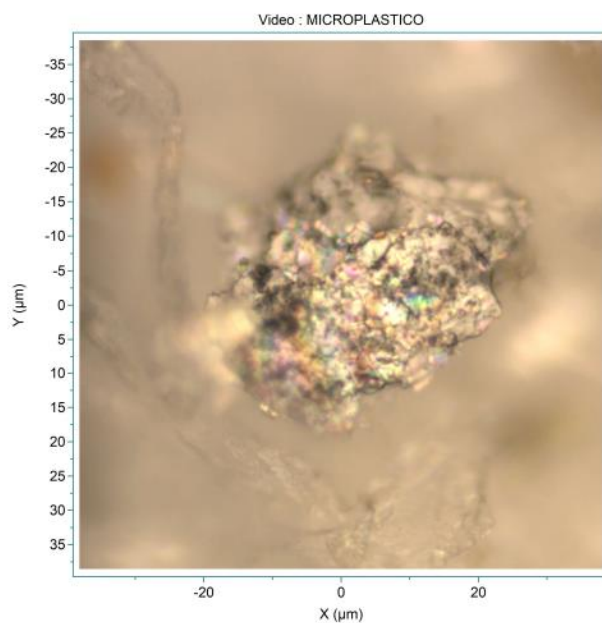
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

16.12.2020 10:21

1/1

**Figura 52.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

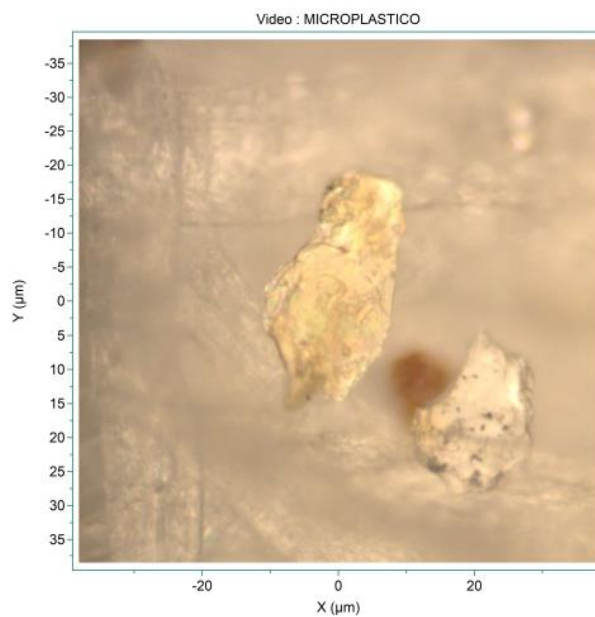
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

16.12.2020 10:50

1/1

**Figura 53.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

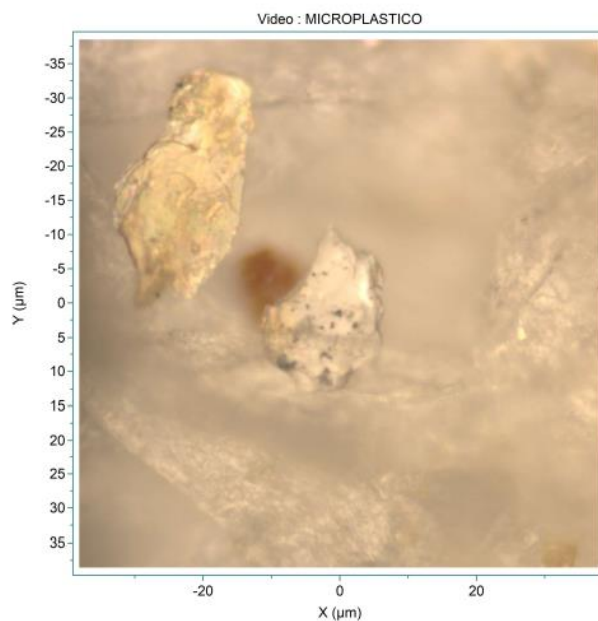
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

16.12.2020 11:35

1/1

**Figura 54.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO  
FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

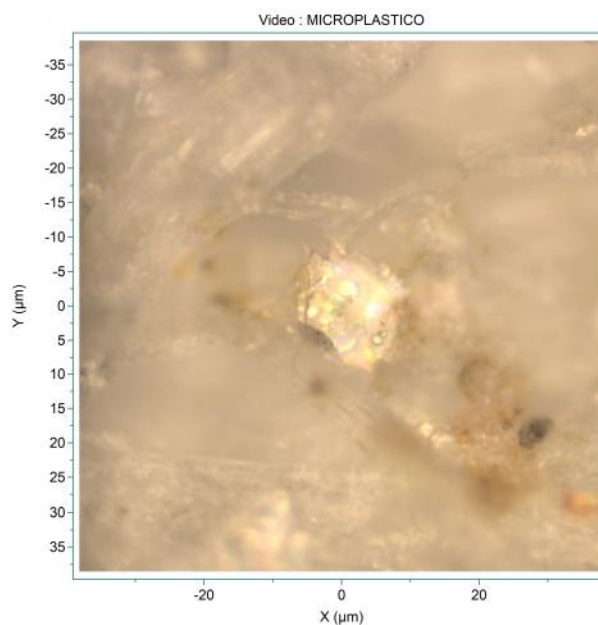
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

16.12.2020 12:28

1/1

**Figura 55.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO  
FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

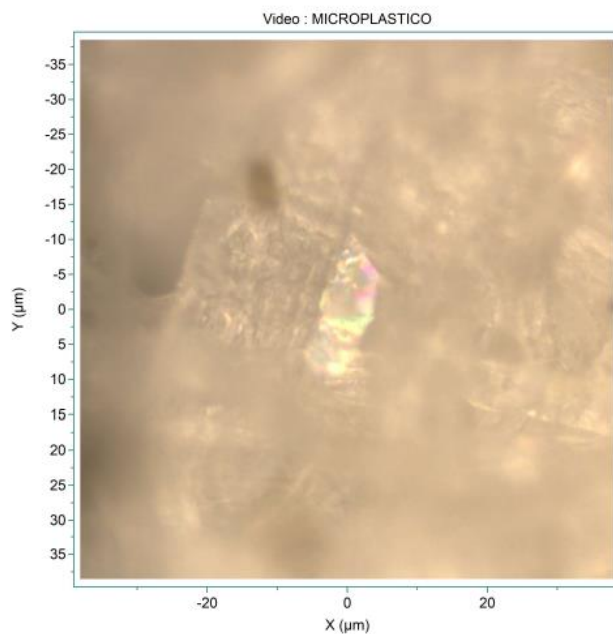
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

18.12.2020 08:22

1/1

**Figura 56.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO  
FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

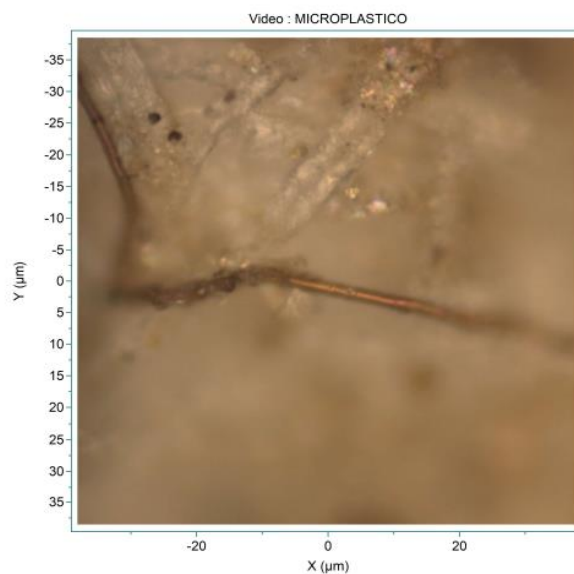
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

18.12.2020 08:40

1/1

**Figura 57.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS

ESPECIALISTA:  
ING. JORGE ALEX RIVERO  
FONSECA

SOLICITANTE:  
JANET PAOLA ROMERO BOZA

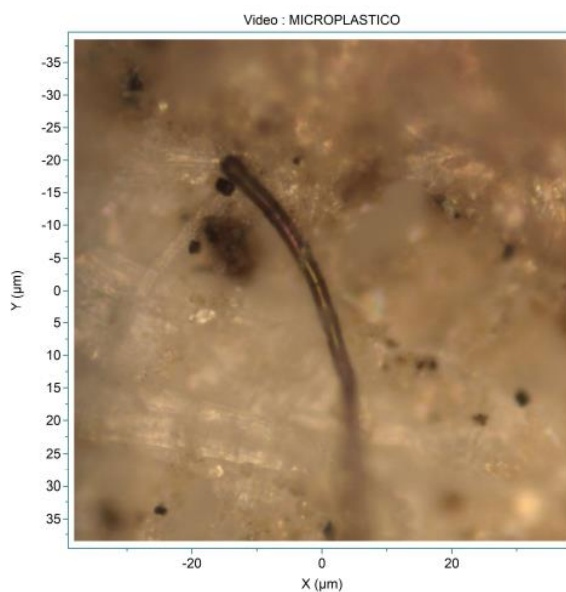
Powered by  
LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

18.12.2020 08:59

1/1

**Figura 58.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

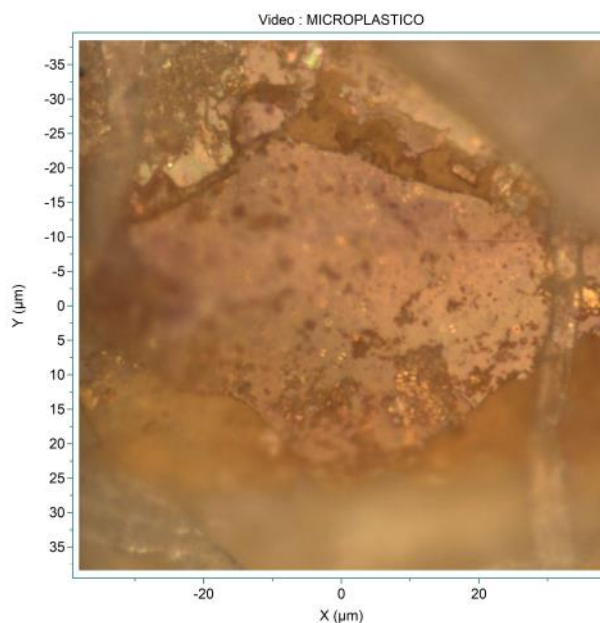
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

18.12.2020 09:21

1/1

**Figura 59.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

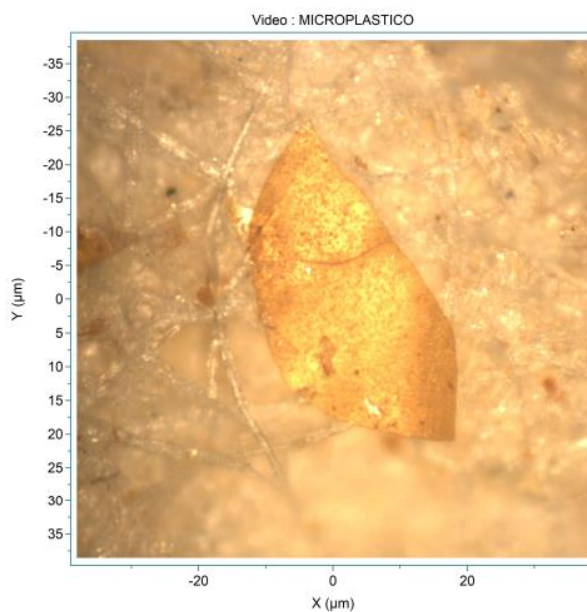
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

18.12.2020 09:57

1/1

**Figura 60.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

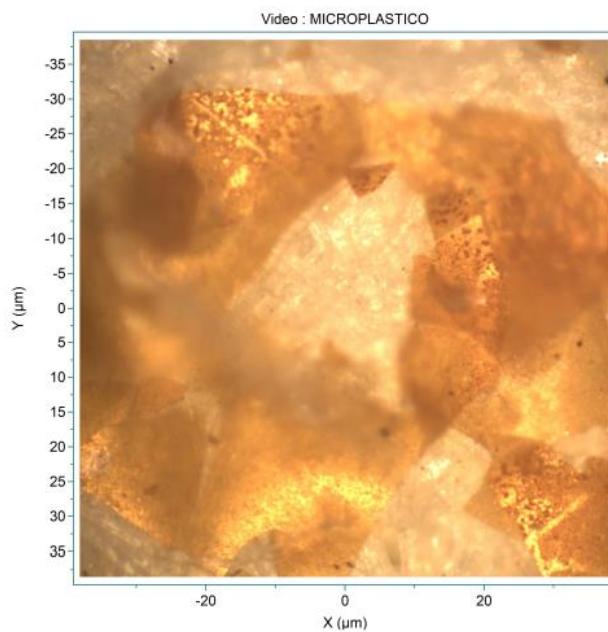
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

18.12.2020 10:18

1/1

**Figura 61.** Muestra de microplástico en sedimento.



NOTA: MUESTRA DE MICROPLASTICOS  
 ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA  
 SOLICITANTE: JANET PAOLA ROMERO BOZA

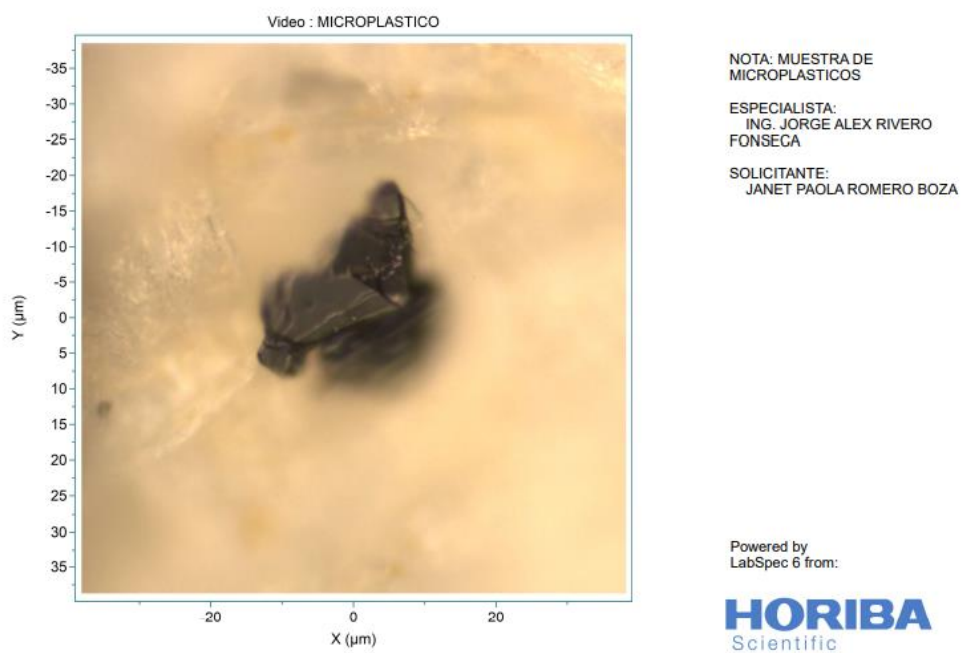
Powered by LabSpec 6 from:

**HORIBA**  
Scientific

18.12.2020 10:42

1/1

**Figura 62.** Muestra de microplástico en sedimento.



18.12.2020 11:16

1/1

**Figura 63.** Muestra de microplástico en sedimento.

**Anexo C. Panel fotográfico.**



**Figura 64.** Degradación con  $H_2O_2$  de las muestras de agua de las tres estaciones de muestreo.

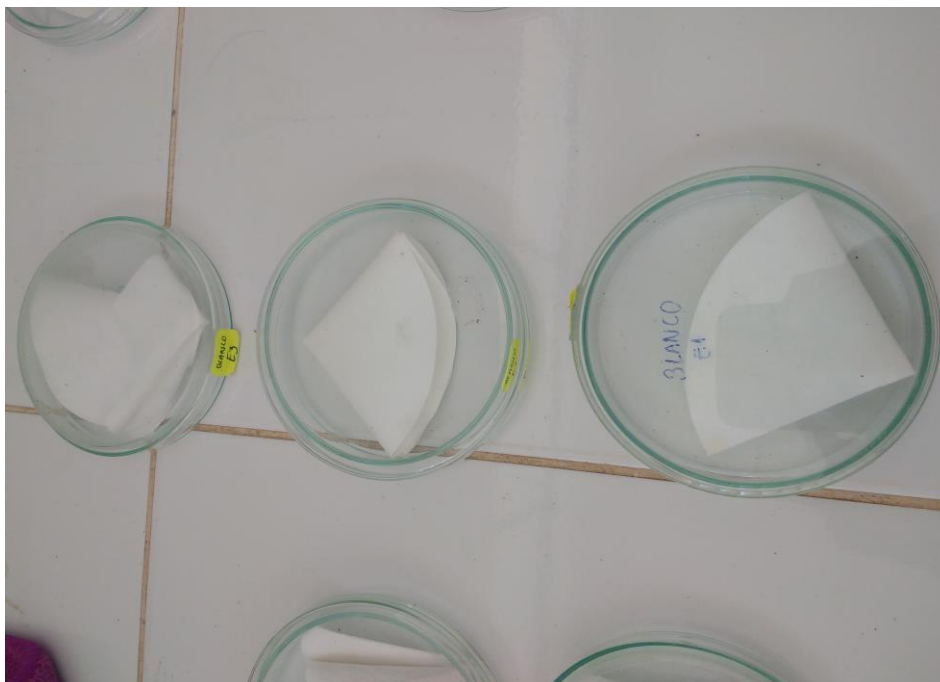


**Figura 65.** Separación por diferencia de densidades con NaCl (1.2 kg NaCl/L), agitación magnética y decantación.



**Figura 66.** Filtración del material sobrenadante.





**Figura 67.** Secado del papel filtro y almacenamiento correcto de la muestra.



**Figura 68.** Secado y pesaje total de las muestras de sedimento, tomados en cada punto de muestreo.



**Figura 69.** Tamizaje para la separación granulométrica de las muestras de sedimentos.



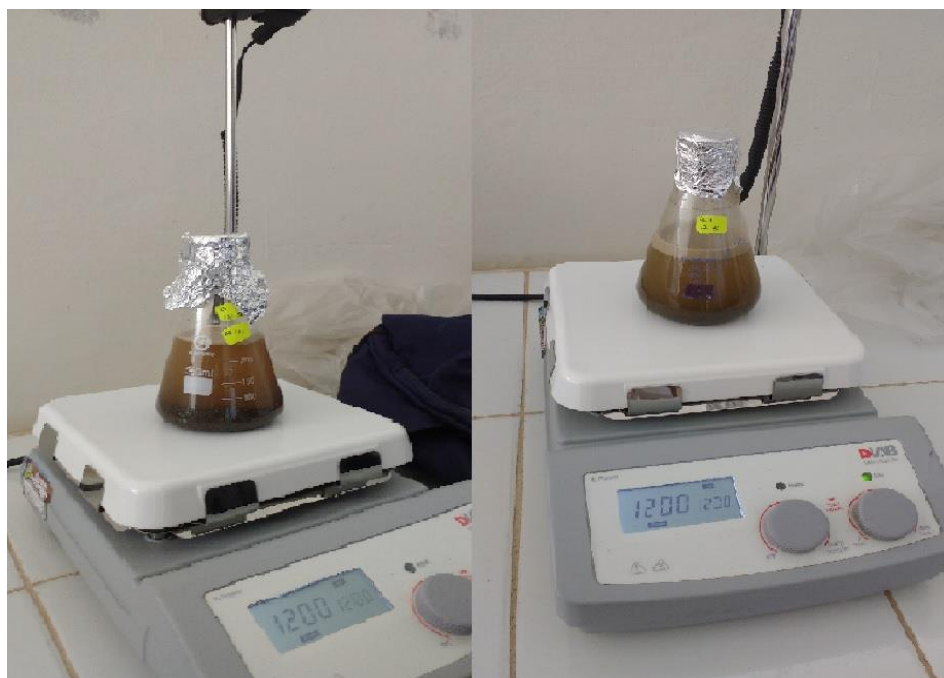
**Figura 70.** Pesado de la muestra (100 g) por cada intervalo de tamaño.



**Figura 71.** Degradación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno.



**Figura 72.** Separación por diferencia de densidades con NaCl (1.2 g/cm<sup>3</sup>) y NaCl (1.8 g/cm<sup>3</sup>).



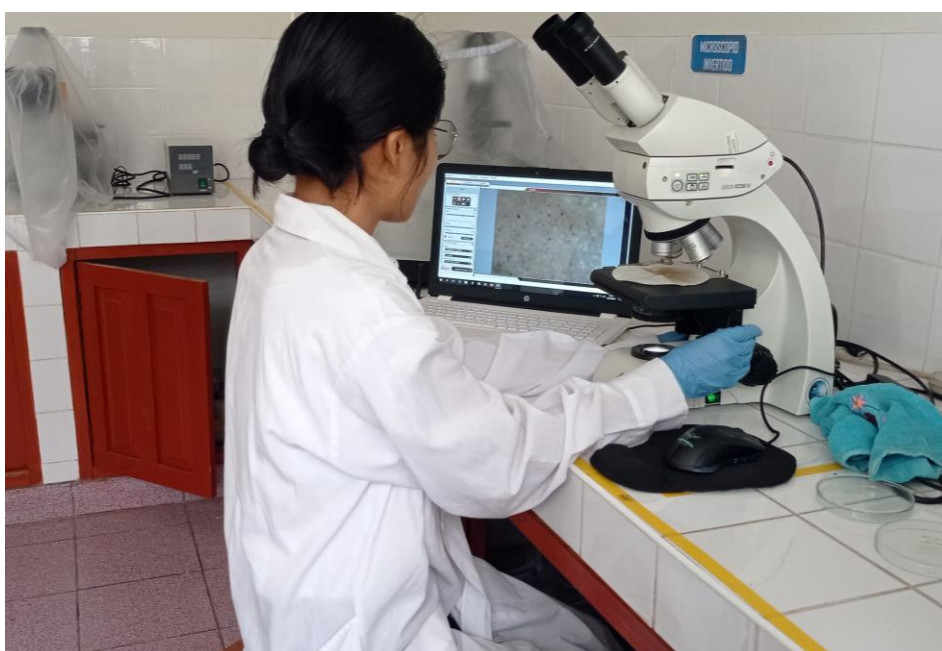
**Figura 73.** Agitación magnética por 5 minutos a 1200 rpm.



**Figura 74.** Secado del papel filtro y almacenamiento correcto de la muestra.



**Figura 75.** Caracterización de los microplásticos del agua según forma, color y tamaño en el microscopio óptico.



**Figura 166.** Caracterización de los microplásticos del sedimento según forma, color y tamaño en el microscopio óptico con conexión a USB.

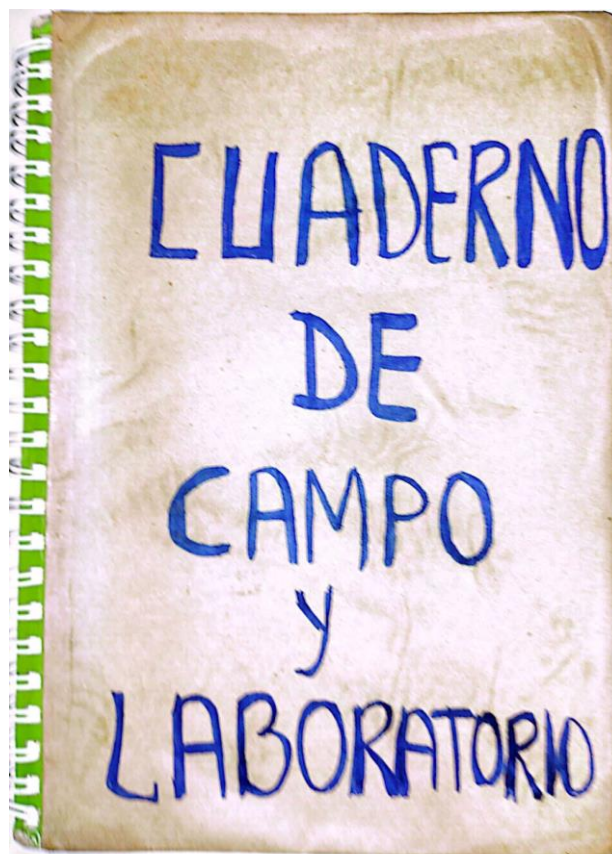


Figura 77. Cuaderno de campo y laboratorio.

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE MICROPLÁSTICOS EN AGUA									
ÉPOCA	PUNTO DE MUESTREO	REPETICIÓN	PUNTOS PARA LA COLECTA DE MUESTRA	COORDENADAS UTM WGS 84		MUESTREO		ANÁLISIS DE LABORATORIO	OBSERVACIONES
				E	N	FECHA	HORA	MPS	
Avenida	Tambillo	1	TB1	343165	8454892	04/02/2020	9:30 am	✓	Muestra de agua con alto contenido de sólidos
Avenida			TB2	343131	8454891	04/02/2020	9:30 am	✓	Muestra de agua con alto contenido de sólidos
Avenida	Puente Corpac	1	PC1	389451	8471677	04/02/2020	11:04 am	✓	Muestra de agua con alto contenido de sólidos
Avenida			PC2	389439	8471664	04/02/2020	11:12 am	✓	Muestra de agua con alto contenido de sólidos
Avenida	Moyuna	1	M1	390094	8474377	04/02/2020	01:30 pm	✓	Muestra de agua con alto contenido de sólidos
Avenida			M2	390089	8474382	04/02/2020	01:30 pm	✓	Muestra de agua con alto contenido de sólidos
Avenida	Tambillo	2	TB1	343165	8454892	10/03/2020	9:05 am	✓	No
Avenida			TB2	343131	8454891	10/03/2020	9:16 am	✓	
Avenida	Puente Corpac	2	PC1	389451	8471677	10/03/2020	10:58 am	✓	
Avenida			PC2	389439	8471664	10/03/2020	11:05 am	✓	
Avenida	Moyuna	2	M1	390094	8474377	10/03/2020	1:20 pm	✓	
Avenida			M2	390089	8474382	10/03/2020	1:25 pm	✓	

Figura 78. Cadena de custodia para monitoreo de microplásticos en agua en la época de avenida.

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE MICROPLÁSTICOS EN AGUA									
ÉPOCA	PUNTO DE MUESTREO	REPETICIÓN	PUNTOS PARA LA COLECTA DE MUESTRA	COORDENADAS UTM WGS 84		MUESTREO		ANÁLISIS DE LABORATORIO	OBSERVACIONES
				E	N	FECHA	HORA	MPS	
Estiaje	Tambillo	1	TB1	393165	8959892	09/08/2020	8:50 am	✓	En el punto de muestreo y alrededores se observó ex botellas
Estiaje			TB2	393131	8959851	09/08/2020	8:58 am	✓	Se observó enterrados y vertidos de aguas residuales
Estiaje	Puente Corpac	1	PC1	389451	8971677	09/08/2020	10:12 am	✓	Al lado del punto de muestreo se observó un punto de acumulación de aguas residuales
Estiaje			PC2	389439	8971644	09/08/2020	10:16 am	✓	Presencia de redes y vertimientos de aguas residuales
Estiaje	Moyuna	1	M1	390094	8974377	09/08/2020	12:03 am	✓	Se observó redes en el cauce del río Huallaga
Estiaje			M2	390089	8974352	09/08/2020	12:11 am	✓	
Estiaje	Tambillo	2	TB1	393165	8959892	14/09/2020	8:38 am	✓	Residuos sólidos enterrados y residuos plásticos en la riberas del río Huallaga
Estiaje			TB2	393131	8959851	14/09/2020	8:43 am	✓	
Estiaje	Puente Corpac	2	PC1	389451	8971677	14/09/2020	10:02 am	✓	Residuos sólidos enterrados en las riberas del río Huallaga
Estiaje			PC2	389439	8971644	14/09/2020	10:15 am	✓	Punto de muestreo y vertidos de aguas residuales
Estiaje	Moyuna	2	M1	390094	8974377	14/09/2020	12:11 pm	✓	Se observó muchos residuos sólidos en la riberas del río y cauce del río
Estiaje			M2	390089	8974352	14/09/2020	12:17 pm	✓	


Figura 79. Cadena de custodia para monitoreo de microplásticos en agua en la época de estiaje.

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO									
ÉPOCA	PUNTO DE MUESTREO	REPETICIÓN	PUNTOS PARA LA COLECTA DE MUESTRA	COORDENADAS UTM WGS 84		MUESTREO		ANÁLISIS DE LABORATORIO	OBSERVACIONES
				E	N	FECHA	HORA	MPS	
Avenida	Tambillo	1	TB1	393165	8959892	04/02/20	9:50 am	✓	defensas nuevas de profundidad del río
			TB2	393131	8959851	04/02/20	9:54 am	✓	
			TB3	393135	8959859	04/02/20	10:12 am	✓	
			TB4	393139	8959861	04/02/20	10:25 am	✓	Ninguna
Avenida	Puente Corpac	1	M1	389451	8971677	04/02/20	11:25 am	✓	
			M2	389439	8971644	04/02/20	11:38 am	✓	
			M3	389441	8971646	04/02/20	11:49 am	✓	
			M4	389446	8971649	04/02/20	12:12 pm	✓	
Avenida	Moyuna	1	PC1	390094	8974377	04/02/20	01:55 pm	✓	falla caudal del río
			PC2	390086	8974355	04/02/20	02:20 pm	✓	
			PC3	390086	8974355	04/02/20	02:35 pm	✓	
			PC4	390089	8974357	04/02/20	02:42 pm	✓	
Avenida	Tambillo	2	TB1	393165	8959892	10/03/20	9:30 am	✓	
			TB2	393131	8959851	10/03/20	9:42 am	✓	
			TB3	393135	8959855	10/03/20	10:00 am	✓	
			TB4	393139	8959860	10/03/20	10:10 am	✓	
Avenida	Puente Corpac	2	M1	389451	8971677	10/03/20	11:25 am	✓	
			M2	389439	8971644	10/03/20	11:45 am	✓	
			M3	389441	8971647	10/03/20	11:59 am	✓	
			M4	389446	8971649	10/03/20	12:15 pm	✓	
Avenida	Moyuna	2	PC1	390094	8974377	10/03/20	01:35 pm	✓	
			PC2	390086	8974355	10/03/20	01:42 pm	✓	
			PC3	390086	8974356	10/03/20	01:59 pm	✓	
			PC4	390089	8974359	10/03/20	02:15 pm	✓	


Figura 80. Cadena de custodia para monitoreo de microplásticos en sedimento en la época de avenida.

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO									
ÉPOCA	PUNTO DE MUESTREO	REPETICIÓN	PUNTOS PARA LA COLECTA DE MUESTRA	COORDENADAS UTM WGS 84		MUESTREO		ANÁLISIS DE LABORATORIO	OBSERVACIONES
				E	N	FECHA	HORA	MPS	
Estiaje	Tambillo	1	TB1	393105	8959892	09/03/20	9:15am	✓	En el punto de muestro se observó residuos plásticos y un ex botador de ABS por parte de la J. G. Tambillo
			TB2	393131	8959851	09/03/20	9:25am	✓	
			TB3	393135	8959859	09/03/20	9:45am	✓	
			TB4	393139	8959861	09/03/20	9:54am	✓	
Estiaje	Puente Corpac	1	M1	389451	8971673	09/03/20	10:30am	✓	En la zona del punto de muestro vimos sus residuos plásticos los mismos q se encuentran identificados al no
			M2	389439	8971694	09/03/20	10:40am	✓	
			M3	389441	8971696	09/03/20	10:55am	✓	
			M4	389446	8971697	09/03/20	11:05am	✓	
Estiaje	Moyuna	1	PC1	390094	8974372	09/03/20	12:20pm	✓	Residuos sólidos en el cauce del río
			PC2	390084	8974352	09/03/20	12:35pm	✓	
			PC3	390086	8974355	09/03/20	12:50pm	✓	
			PC4	390089	8974357	09/03/20	01:10pm	✓	
Estiaje	Tambillo	2	TB1	393165	8959851	14/04/20	9:10am	✓	El agua bajo en carga de sólidos -
			TB2	393131	8959851	14/04/20	9:25am	✓	
			TB3	393138	8959855	14/04/20	9:30am	✓	
			TB4	393139	8959852	14/04/20	9:55am	✓	
Estiaje	Puente Corpac	2	M1	389451	8971697	14/04/20	10:35am	✓	El agua bajo en carga de sólidos
			M2	389439	8971694	14/04/20	10:45am	✓	
			M3	389441	8971697	14/04/20	11:15am	✓	
			M4	389446	8971699	14/04/20	11:35am	✓	
Estiaje	Moyuna	2	PC1	390094	8974372	14/04/20	11:35am	✓	El agua bajo en carga de sólidos
			PC2	390089	8974352	14/04/20	12:55am	✓	
			PC3	390090	8974356	14/04/20	01:05pm	✓	
			PC4	390092	8974354	14/04/20	01:20pm	✓	

Figura 81. Cadena de custodia para monitoreo de microplásticos en sedimento en la época de estiaje.



**"UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA"**  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN



**FORMATO DE RESULTADOS ÁREA DE ESPECTROSCOPIA RAMAN**


**ANÁLISIS-001-JARF-ER-LCI-2020**

- Descripción de la muestra**

Fecha de recepción	20/12/2019
Fecha de entrega desde el:	11/03/2020
Solicitante (tesista/institución)	Janet Paola Antonia Romero Boza
Nombre	Polímeros (plásticos)
Nombre genérico	Muestras solidas de plásticos
Estado	Sólido
Tipo de muestra	Inorgánica compleja (IC)
Cantidad muestra	9 unidades
Código de muestra	IC-009, IC-010, IC-011, IC-012, IC-013, IC-014, IC-015, IC-016, IC-017
- Programación del experimento**

Equipo	Espectrómetro Raman
Marca	Horiba
Modelo	Xplora Plus - Raman Microscope
Serie	42328
Tipo de luz	Monocromática de He-Ne 638 nm
Objetivo	50X
Software para espectro	LabSpec 6
Software para GF*	Know It All (R) informatics System 2017

GF\* = Grupos funcionales
- Reporte de resultados**
  - Espectro característico (N° de folios = 9)
  - Identificación del compuesto (N° de folios = 0)
  - Identificación de Grupos funcionales (N° de folios = 0)
  - Mapeo espectral (N° de folios = 0)
- Observaciones:**  
Las muestras de polímeros (plásticos) mantienen diferentes parámetros para el espectro característico.

  
**Ing. RUERO FONSECA, Jorge Alex**  
Especialista del Área de Esp. Raman


  
**Dra. ORDÓÑEZ GÓMEZ, Elizabeth**  
Directora del Laboratorio Central de Investigación UNAS

Figura 82. Resultados de espectroscopía Raman del Laboratorio Central de Investigación.