

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**MICROPLASTICO EN EL AGUA Y SEDIMENTOS DE LOS RÍOS HUALLAGA,
AUCAYACU Y SANGAPILLA EN LA CIUDAD DE AUCAYACU**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

LUCERITO JIMENA LINO TOLENTINO

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 028-2022-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 01 de julio de 2022 a horas 11:40 a. m. a través de la Sala Virtual de Conferencias Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

“MICROPLÁSTICO EN EL AGUA Y SEDIMENTO DE LOS RIOS HUALLAGA, AUCAYACU Y SANGAPILLA EN LA CIUDAD DE AUCAYACU”

Presentado por la Bachiller: **LINO TOLENTINO, Lucerito Jimena**, 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, 09 de Agosto de 2022

Ing. M. Sc. **FRANKLIN DIONISIO MONTALVO**
PRESIDENTE

Ing. MSc. **ERLE OTTO J. BUSTAMANTE SCAGLIONI**
MIEMBRO

Blgo. **CÉSAR AUGUSTO GOZME SULLCA**
MIEMBRO



Dr. **VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO**
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



MICROPLASTICO EN EL AGUA Y SEDIMENTO DE LOS RÍOS HUALLAGA, AUCAYACU Y SANGAPILLA EN LA CIUDAD DE AUCAYACU

Autor	: LINO TOLENTINO, Lucerito Jimena
Asesor	: Dr. BETETA ALVARADO, Víctor
Escuela profesional	: INGENIERÍA AMBIENTAL
Programa de investigación	: Ciencia tecnología y ambiente
Línea (s) de investigación	: Niveles de contaminación ambiental
Eje temático de investigación	: Contaminación del agua
Lugar de ejecución	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración	: Fecha de inicio : Febrero Término : Agosto
Financiamiento	: Propio: S/. 11663.2

Tingo María – Perú

Julio, 2022

AGRADECIMIENTO

A **Dios**, por permitirme disfrutar de creación cada día de mi vida, orientarme a ser cada día mejor, darme sabiduría, fortaleza para enfrentar los retos y adversidades.

A **Universidad Nacional Agraria de la Selva**, por ser mi alma mater y la institución que me formo desde el nivel superior

A la **Facultada de Recursos Naturales Renovables** y la **Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental** por la calidad de docentes y la enseñanza que me impartieron durante mi etapa universitaria contribuyendo para ser un profesional de éxito.

Al **Dr. Víctor Manuel Beteta Alvarado**, por su apoyo incondicional, asesoría, por compartir sus conocimientos para el desarrollo de la tesis, y su entrega en labor de docente.

A los jefes de laboratorio de microbiología y laboratorio de suelos por todo su apoyo y contribuyeron con la realización de este importante documento.

Al **Ing. MSc. Franklin Dionisio Montalvo**, **Ing. Erle Bustamante Escaglioni**, **Blgo. César Augusto Gozme Sulca**, por su tiempo, dedicación y enriquecedoras opiniones

A mis familiares y amigos que de una u otra forma fueron elementos claves a lo largo de la elaboración de esta investigación.

DEDICATORIA

Les dedico este trabajo:

A Mérida Betsabe Tolentino Gómez mi hermosa mamá por su apoyo incondicional, amor, confianza, por guiarme para ser una persona de bien, por mostrarme con ejemplo la determinación en cada aspecto de su vida, contribuir en mi desarrollo personal y profesional.

A mi hermana Mishell Lino Tolentino por estar siempre conmigo, darme sus consejos y apoyo; a mi sobrino Atik Carrión Lino por ser parte importante de mí y el motivo para seguir adelante.

A todas las personas que me aprecian y apoyaron a lo largo de esta investigación

A Crusbil Arturo Lino Simón mi querido papá que se encuentra en el cielo y fue un hombre generoso e inquebrantable, gracias a su paciencia y comprensión logre sobrevivir a diversas situaciones mostrándome ser un ejemplo de fortaleza interna.

A mi tío Jhon, Melisa y familia por acogerme en su hogar y apoyarme en la etapa más difícil de mi vida

ÍNDICE

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general:	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.1.1 Nacionales	3
2.1.2 Internacionales.....	3
2.2 Origen y clasificación del Plásticos.....	6
2.3 Microplasticos	7
2.3.1 Categorías de microplasticos	8
2.3.2 Clasificación de microplastico.....	9
2.4 Proceso de degradación o fragmentación del microplastico	10
2.5 Sumidero de microplásticos.....	10
2.6 Impacto ambiental negativo de los microplásticos.....	11
2.7 Generación de residuos plásticos en el Perú y su disposición en ríos	11
2.8 Marco legal	12
2.8.1 Normativa internacional	12
2.8.2 Normativa nacional.....	13
2.9 Área de estudio en Ciudad de Aucayacu	13
2.9.1 Ubicación Política.....	13
2.9.2 Ubicación geográfica.....	13
2.9.3 Clima	14
2.9.4 Características Hidrográficas.....	14
2.9.5 Características geológicas.....	15
2.9.6 Flora y Fauna	15
2.9.7 Sistema de abastecimiento de agua potable.....	15
2.9.8 Vertimiento de agua residuales.....	16
2.9.9 Generación de residuos solidos	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Estaciones de muestreo.....	17
3.1.1 Estación E1: zona alta rio Huallaga.....	19
3.1.2 Estación E2: zona baja rio Huallaga.....	19
3.1.3 Estación E3: zona alta rio Sangapilla	20

3.1.4	Estación E4: zona baja rio Sangapilla	21
3.1.5	Estación E5: zona alta rio Aucayacu	21
3.1.6	Estación E6: zona baja rio Aucayacu	21
3.2	Materiales y equipos	23
3.3	Método.....	23
3.3.1	Tipos de investigación	23
3.3.2	Diagnóstico de puntos críticos de contaminación	23
3.3.3	Determinación de estaciones de Muestreo	25
3.3.4	Determinación de parámetros	27
3.3.5	Transporte de muestra	27
3.3.6	Protocolo de prevención de contaminantes	27
3.3.7	Tratamiento de las muestras	28
3.3.8	Identificación de polímeros	28
3.3.9	Determinación de concentración de microplásticos en muestras de agua y sedimento.....	30
3.3.10	Determinación del aporte contaminante	31
3.3.11	Análisis estadístico	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1	Identificación de microplástico	33
4.2	Concentración de microplástico en muestras de agua	37
4.3	Concentración de microplástico en muestras de sedimento	38
4.4	Aporte de contaminantes por microplásticos en la ciudad de Aucayacu	39
V.	CONCLUSIONES	42
VI.	PROPUESTAS A FUTURO	43
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	44
	ANEXO	51

ÍNDICE DE TABLA

Tabla	Página
1. Resumen de estudios de microplásticos en sedimento y agua dulce.....	4
2. Variedades de plásticos.....	6
3. Categoría de plásticos.....	8
4. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.....	17
5. Análisis de ANVA.....	33
6. Concentración de microplástico en diferentes tratamientos para muestras de agua	38
7. Concentración de microplástico en diferentes tratamientos para muestras de suelo	40
8. Aporte de contaminación por microplástico en los 3 ríos de Aucayacu.....	41

ÍNDICE DE FIGURA

Tabla	Página
1. Clasificación de los microplástico.....	8
2. Resumen de clasificación, fuentes y donde desembocan los microplásticos	9
3. Principales mecanismos de difusión de los microplásticos e interacciones biológicas.....	10
4. Mapa de ubicación las estaciones de muestreo en el distrito de José Crespo y Castillo...	11
5. Estación de muestreo E1 zona alta del rio Huallaga en T1	19
6. Estación de muestreo E2 zona baja del rio Huallaga del T2.....	20
7. Estación de muestreo E3 d zona alta del rio Sangapilla.....	20
8. Estación de muestreo E3 zona baja del rio Sangapilla	21
9. Estación de muestreo E5 zona alta del rio Aucayacu.....	22
10. Estación de muestreo E6 zona baja del rio Aucayacu.....	22
11. Mapa de ubicación del laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.....	23
12. Mapa de ubicación de puntos de contaminación en los ríos de Aucayacu.....	24
13. Puntos críticos de contaminación por residuo en los puntos de monitoreo de los 3 ríos de Aucayacu.....	25
14. Diseño por estación de muestreo.....	27
15. Identificación de polímeros mediante diferentes ensayos prácticos.....	31
16. Diseño del aporte contaminante por microplásticos para cada rio.....	32
17. Diagrama general del diseño del estudio.....	33
18. Promedio de tipos de microplastico por estación de muestreo en las muestras de agua y sedimento respectivamente.....	35
19. Cantidades de Microplásticos encontrados según su tipo.....	36
20. Formas de MP´s encontrados en los 3 ríos de Aucayacu.....	37
21. Porcentaje de microplásticos por puntos de monitoreo en muestra de agua.....	42
22. Porcentaje de microplásticos por puntos de monitoreo en muestra de suelos.....	42

RESUMEN

Los Microplásticos han llegado a ser una amenaza relevante debido a su continua degradación y fabricación descontrolada, la mayoría de los estudios realizados fueron en el mar donde descubrieron su impacto negativo, considerando a los ríos como posibles fuentes de ingreso de microplásticos; los escasos estudios realizados en ríos a nivel mundial sugieren un reto por la característica de las partículas (tamaño, concentración, composición química, etc.). Por esta razón la investigación busca determinar la presencia, concentración y el aporte contaminante de microplástico en los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla de la ciudad de Aucayacu, la extracción de microplásticos se realizó mediante el procedimiento de flotación/filtración en las muestras de agua y sedimento, se identificaron cuatro tipos de polímeros entre ellos el PEAD (37%), PEBD (23%), PP (11%) Y OTRO (29%) de un total de 7154 partículas de MP's; con concentración que varían desde 9- 84 MP's/L y 5-69 MP's/kg, en consecuencia, el río Aucayacu aporta en mayor cantidad de microplástico al río Huallaga con un total de 1717 MP's a diferencia del río Sangapilla con 1155MP's.

Palabras Claves: Microplástico, Contaminante, PEAD, PEBD, PP, polímero, flotación, filtración

ABSTRACT

MICROPLASTIC IN THE WATER AND SEDIMENTS OF THE HUALLAGA, AUCAYACU AND SANGAPILLA RIVERS IN THE CITY OF AUCAYACU

Microplastics have become a relevant threat due to their continuous degradation and uncontrolled manufacturing, most of the studies carried out were in the sea where they discovered their negative impact, considering rivers as possible sources of entry of microplastics; The few studies carried out in rivers worldwide suggest a challenge due to the characteristics of the particles (size, concentration, chemical composition, etc.). For this reason, the research seeks to determine the presence, concentration and contaminant contribution of microplastics in the Huallaga, Aucayacu and Sangapilla rivers in the city of Aucayacu. The extraction of microplastics was carried out by means of the flotation/filtration procedure in the water samples and sediment, four types of polymers were identified, including HDPE (37%), PEBD (23%), PP (11%) AND OTHER (29%) from a total of 7154 PM particles; with concentrations that vary from 9-84 MP's/L and 5-69 MP's/kg, consequently, the Aucayacu River contributes a greater amount of microplastic to the Huallaga River with a total of 1717 MP's, unlike the Sangapilla River. with 1155MP's

Keywords: Microplastic, Pollutant, HDPE, PEBD, PP, polymer, flotation, filtration

I. INTRODUCCIÓN

Hasta la fecha no existe una definición absoluta del microplástico, pero diversos autores concuerdan que el microplástico es el plástico con dimensiones menores a 5mm que está presentes en todas las actividades económicas llegando a posicionarse como una cultura de uso y desecho. No hay lugar en el mundo que no se encuentre libre de este material, lo podemos encontrar desde el fondo del mar hasta la montaña del Everest, desde el polo sur al polo norte (Gonzales M, 2018), y la existencia de contaminación por plástico es relativamente reciente tanto por su abundancia y permanencia, pero lo más preocupante no es esto si no la degradación constante por acciones de la naturaleza en fracciones cada vez más pequeñas, llegando a escalas micro, nano y pico (Moos *et al.*, 2012) ingresando a la cadena trófica desde el plancton (Cole *et al.*, 2013) y peces (IIAP, 2020) también se encontraron en la sal (Iñigue *et al.*, 2017) agua embotellada (Welle *et al.*, 2018) y sangre humana (Heather *et al.*, 2022) liberando sustancias tóxicas y cancerígenas debido a la exposición del medio ambiente. Alrededor de 5,25 billones de fragmentos de plástico están flotando en el mar (Eriksen *et al.*, 2014) se estima que la cifra puede ser más alta (Van Sebille *et al.*, 2015). Las diferentes densidades los microplásticos tienden a flotar o sedimentarse en el agua logrando posicionarse como una amenaza potencial para los ecosistemas de marinos (Bouwman *et al.*, 2016) y agua dulce; tal es el caso que la mayoría de las investigaciones son en océanos, playas, estuarios, etc pero realmente existen poco estudios de la contribución de microplástico en aguas dulces.

Los estudios realizados en la ciudad de Aucayacu sobre los problemas ambientales y contaminación son escasos que este trabajo será un gran aporte para futuras legislaciones para reducir el impacto ambiental de los microplásticos.

De acuerdo a lo antes mencionado se plantea la siguiente interrogante: ¿Existe presencia de microplásticos en el agua y sedimentos de los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla en la ciudad de Aucayacu?

Por lo que se plantea la siguiente hipótesis, Existe presencia de 15 partículas de microplásticos por cada 100 ml de agua y 100 gr de sedimentos en los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla de la ciudad de Aucayacu.

1.1 Objetivo general:

Determinar la presencia de microplástico en el agua y sedimento de los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla en la ciudad de Aucayacu

1.1.1. Objetivo específico:

- Identificar los tipos de polímeros de microplástico en las muestras de sedimento y agua
- Determinar las concentraciones de microplásticos en muestras de agua
- Determinar las concentraciones de microplásticos en muestras de sedimento
- Determinar el aporte a la contaminación por microplástico del agua y sedimentos de la ciudad de Aucayacu

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

2.1.1 Nacionales

En el Perú solo se han realizado 2 estudios de microplásticos en agua dulce y sedimento, el primer estudio realizado fue por Huanaco, R. (2019), en la región Lima, con su investigación titulada “Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del Río Rímac”, donde encontró desde 538.9 MP´^s/m² hasta 16566,7 MP´^s/m² siendo los principales tipos de MP´^s el poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato.

En el mismo año en la Región La libertad, Manrique R. (2019) realizó el estudio de Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río jequetepeque donde se encontró 90 MP´^s/kg con un 50% Polietileno, 44.4% Polipropileno y 5.6% Poliestireno.

2.1.2 Internacionales

En el Río Tecate de México, Hernandez & Damian (2018) en su investigación titulado evaluación de microplásticos en sedimentos del río Tecate se encontraron microplástico 35-550 MP´^s/kg entre los más destacados fueron Poliacrilamida y polietileno

Donoso L., (2018) realizó la cuantificación de la presencia microplástico en la cuenca alta del río Guayllabamba de Ecuador, registrando 1584 Mp´^s/m³.

En el Río Bloukrans de Sudáfrica, Net *et al.*, (2018), realizó la investigación titulada “Sumidero y fuente: evaluación de la abundancia de microplásticos en sedimentos fluviales y alimentadores de depósitos en un sistema fluvial urbano templado austral” encontrando desde 63,3 MP´^s/kg hasta 160,1 MP´^s/kg

Según el estudio de Peng *et al.*, (2018) Microplásticos en sedimentos de ríos de agua dulce en Shanghái, China: un estudio de caso de evaluación de riesgos en megaciudades, donde se encontró un promedio de 80,2MP´^s/100 g, entre los tipos de plástico encontrado fueron PP, Poliéster, rayón, algodón Viscoso, resina fenóxica y poli (vinil estearato)

Tabla 1. Resumen de estudios de microplásticos en sedimentos y agua dulce

Cuerpo de agua	Lugar de colecta	Tamaño de partícula	Abundancia	Polímeros	Autores
Rio Rimac y río Santa Eulalia, Perú	Orilla del río	< 5 mm	Avenida: 538.9 MPs/m ² Estiaje: 16566,7 MPs/ m ²	poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato	Huanaco, R., (2019)
Rio Jequetepeque, peru	Orilla del río	180–500 µm	18 ítems MPs (90 ítems/kg)	No se indica	Manrique, R., (2019)
Rios de Shangái, China: Huangpu,Shnajinggang, Caohejing, Beishagang, Jiangjiagang, Yuajiabang	Orilla del río	1 µm – 5 mm	Media: 80,2 ± 59,4 ítems·100 g ⁻¹	PP, poliéster, rayón, algodón viscoso, resina fenóxica, PVA	Peng <i>et al.</i> ,(2018)
Rio Bloukrans, Sudáfrica	Lecho de río	63 µm – 5 mm	Verano: 6,3 ± 4,3 ítems·kg ⁻¹ Invierno:160,1±139,5ítems/kg	No se indica	Nel <i>et al.</i> ,(2018)
Rio Tecate, México	Lecho de río	>0.4 µm	35-550 MP's/kg	Poliacrilamida y PE	Hernandes & Damian (2018)
Río Antua, Portugal	Orilla del Río	55 µm – 5 mm	Primavera: 100 – 620 ítems/kg Otoño:18 – 514 ítems/kg	PE, PP, PS, PET, PVA, PTFE, PMMA, EEA, otros	Rodrigues <i>et al.</i> ,(2018)
Rio Guayllabamba, Ecuador	Río	0.3mm - 5mm	1584 MP/m ³	No se india	Donoso, L., (2018)

Litoral del río Beijing, China	Orilla del río	1 μm – 5 mm	178-554 ítems kg^{-1}	Polímeros y copolímeros de PE y PP, otros	Wang <i>et al.</i> , (2017)
Río Tamesis, Inglaterra	Orilla del río	1 mm – 4 mm	Leach: $18,5 \pm 4,2$ ítems/100g Lambourn: $22,1 \pm 9,5$ ítems/100g	PE, PP, PS, PVC, poliéster, PET, poliarilsulfona, otros	Horton <i>et al.</i> , (2017)
Río Ottawa, Canadá	Lecho de río	<100 μm	Media: 33 ítems $\cdot 400 \text{ g}^{-1}$	No se indica	Vermaire <i>et al.</i> , (2017)
Tributarios del lago Ontario, Canada	Lecho de río	63 μm – 5 mm	Media: 610 ítems $\cdot \text{kg}^{-1}$ 13 759 ítems $\cdot \text{m}^{-2}$	PE, PS, PU, PP, PVC, EF y PF, PDMS, PMMA, ABS, PET, , otros	Ballent <i>et al.</i> , (2016)
Ríos Rin y Meno, Alemania	Orilla del río	63 μm – 5 mm	Rin: 21,8 – 932 mg/kg 228 – 3763 ítems/kg Meno: 43,5–459 mg/kg 786 – 1368 ítems/kg	PE, PP, PS, PA, PET, PVC, EPDM, acrílico	Klein <i>et al.</i> , (2015)
Ríos de Alemania: Elba, Mosela, Neckar, Rin.	No se indica	< 5 mm	34 – 64 ítems $\cdot \text{kg}^{-1}$	No se indica	Wagner <i>et al.</i> , (2014)
Río San Lorenzo, Canadá, EE.UU	Lecho de río	>500 μm (99,9% < 2mm)	13 832 \pm 13 677 microesferas $\cdot \text{m}^{-2}$	Microesferas de PE	Castañeda <i>et al.</i> , (2014)

Fuente: Erkes-Medrano *et al.*, 2015 y Horton *et al.*, 2017 citado por Manrique, 2019 y ampliación propia

2.2 Origen y clasificación del Plásticos

Los primeros registros de fabricación de plástico datan del año 1284 en Londres (PLASTICSEUROPE, 2012). el plástico es un material muy utilizado hoy en día, lo encontramos en los lugares menos esperado desde el fondo del mar hasta la montaña del Everest, desde el polo sur al polo norte (GONZÁLES M, 2018), están presentes en todos los sectores económicos del Perú, su utilización es ilimitada desde materiales pequeños (<5 mm) hasta grandes estructuras, desplazando el papel, vidrio o el metal para posicionarse como material indispensable. SANCHEZ (2018), resume que los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos que se forman por la polimerización de monómeros extraídos del petróleo en su mayoría. Las características atractivas del plástico es su durabilidad, bajo costo, barrera ante oxígeno, humedad y bacterias (ANDRADY, 2003).

Actualmente existen 3 grandes grupos de plásticos clasificados en Termoestable o termo rígidos (se moldean calor y presión, pero no pueden ser moldeados nuevamente), Elastómeros (gran capacidad elástica, resistencia a diferentes tipo de esfuerzos y cuando no se ejerce fuerza recupera su forma original) y los termoplásticos (se derriten y se endurecen con el cambio de temperatura); los 2 primeros grupos son difíciles de reciclar, es decir, que se degradan o pierden su estructura molecular al aumento de temperatura pero el tercer grupo si permite el reciclado y existe variedad de subproductos que por, sus características son únicos y complejos.

También existe plástico biodegradables ácido polilácticos (PLA), Polihidroxialcanoatos (PHA) y Policaprolactona (PCL), que a diferencia de los anteriores estos se degradan en promedio de 2 años a ciertas condiciones especiales.

Los plásticos más comunes a nivel mundial son las 6 primeras variedades de plásticos.

Tabla 2. Variedades de plásticos

N°	Acrónimo	Nombre completo	Productos representativos	Símbolo de reciclaje
Termoplástico				
1	PET	Polietileno tereftalato	Botellas de agua, envasado de prod. Alimenticios, fibras sintéticas, etc.	
2	PEAD	Polietileno de alta densidad	Botella y envase de producto alimenticio y limpieza, juguetes, contenedores, , etc.	

3	PEBD	Poliétileno de baja densidad	Films adhesivos, embalajes bolsas, revestimientos de cubos, invernaderos,	
4	PVC	Policloruro de vinilo	Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos de suelo, cables aislantes, tarjetas, etc.	
5	PP	Polipropileno	Tapas de botella, envase para productos alimenticios, piezas de automóviles, componentes eléctricos.	
6	PS	Poliestireno/ Polietireno expandido	Envases de comida para llevar, cubiertos desechables, Envase multicapa de electrodomésticos, etc.	
7	PES	Poliéster	Ropa de poliester	Sin datos (otro)
8	PA	Poliamida	Cepillo de diente	Sin datos
9	-	Otros	Botellas grandes, biberones, CD's, electrodomésticos.	Sin datos
Termoestable				
1	PU	Poliuretano	Materiales para automóviles, espuma de colchones, etc.	Sin datos (otro)
2	PF	Resinas de fenol	Pieza de automóvil, adhesivos componentes eléctricos, etc.	Sin datos (otro)
3	NBR	Caucho nitrilo – butadieno	Guantes para la industria de salud, retenes, cuero sintético, etc.	Sin datos (otro)
4	SBR	Caucho estireno - butadieno	Fabricación de neumáticos	Sin datos (otro)

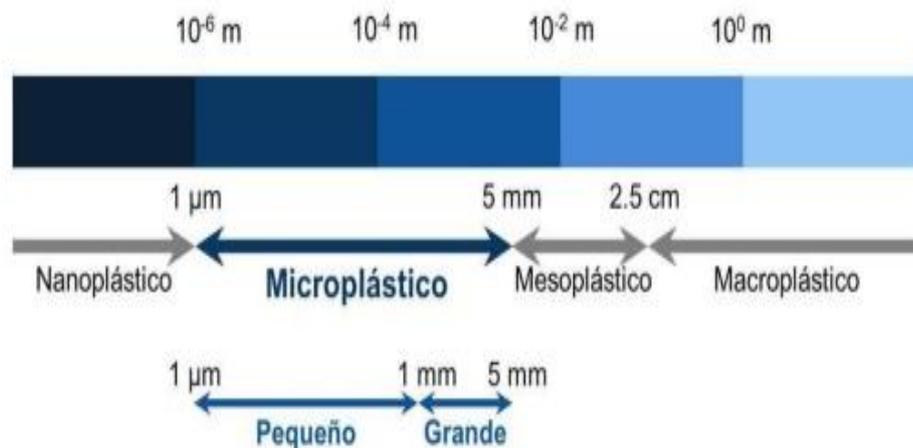
Fuente: elaboración propia basado en las versiones de JACHE (2014); ROJO Y MONTOTO (2017), IEES-SNI (2012) citado por MANRIQUE (2019)

Si clasificamos los plásticos por el tipo de degradación podemos encontrar a los convencionales, oxo degradables y bio plásticos (ROJO Y MONTOTO, 2017), de estos 2 últimos su diferencia radica en los compuestos extras o grasas vegetales que aceleran la degradación reduciendo su permanencia en el medio ambiente; algunos estudios indican que estos materiales no se están degradando, es decir, está sujeto a una serie de condiciones que no se dan en el medio marino (GESAMP, 2015).

2.3 Microplásticos

Actualmente no existe una definición global de microplásticos, pero fue acuñado por THOMPSON *Et al.* (2004), varios autores concuerdan que son partículas de plásticos de

tamaño menor a 5 mm denominado microplásticos, sin embargo, para un monitoreo constante de la contaminación y evaluación de las medidas políticas, es preferible una definición inequívoca el cual proporcione seguridad jurídica e igualdad de condiciones entre gobierno e industrias, conteniendo criterios de límites de tamaño, características, etc.



Fuente: VAN CAUWENBERGHE (2015) citado por MANRIQUE (2019)

Figura 1. Clasificación de los microplástico

2.3.1 Categorías de microplásticos

Las categorías son adaptadas de HIDALGO-RUIZ Et al., (2012), KOVAČ Et al., (2016) y CRAWFORD Y QUINN, (2017).

Tabla 3. Categoría de plásticos

Categoría	Descripción
Fuentes	- Primario: Pellets industriales crudos - Secundario: Fragmentos de productos de consumo
Tipo	- Fragmentos de plástico, pellets, filamentos, películas de plástico, plástico espumado, gránulos y espuma de poliestireno
Forma	- Para pellets: cilíndricos, discos, planos, ovoides, esferuloides - Para fragmentos: redondeados, sub redondeados, sub angulares, angulares - General: bordes irregulares, alargados, degradados, rugosos y rotos

Erosión	- Alteración incipiente, fresca y no erosionada, y nivel de agrietamiento (fracturas concoidales), desgastada, surcos, superficie irregular, fragmentos dentados, fracturas lineales, crestas subparalelas y muy degradados.
Color	- Transparente, cristalino, blanco, blanco crema claro, rojo, naranja, azul, opaco, negro, gris, marrón, verde, rosa, tostado, amarillo y pigmentación.

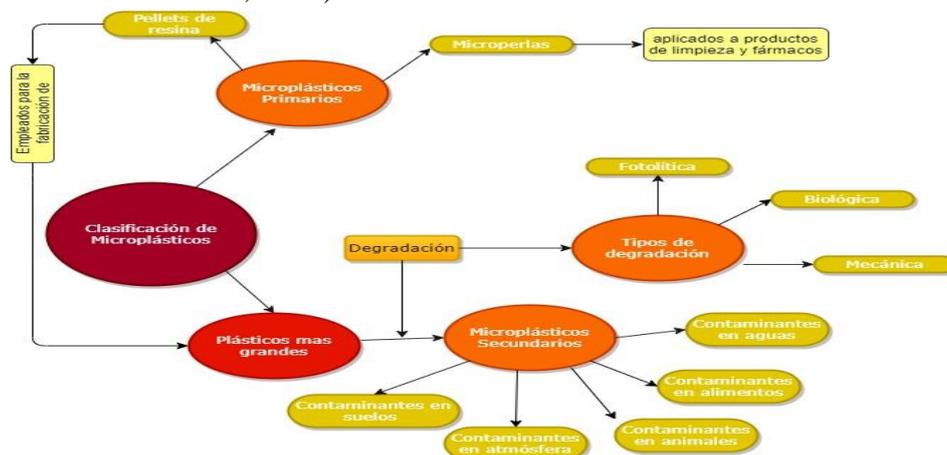
Fuentes: Adaptado de HIDALGO-RUIZ Et al., (2012), KOVAČ *Et al.*, (2016) y CRAWFORD Y QUINN, (2017).

2.3.2 Clasificación de microplástico

Existen diversas definiciones de tipos de microplásticos (COLE Et al. 2013), y el más usado es la de microplásticos primarios y secundarios

Según COLE Et al., (2011) define como microplásticos primario a los plásticos que se fabrican para tener un tamaño microscópico, en su mayoría en cosmético y limpiadores faciales (DERRAIK, 2002; ZITKO Y HANLON, 1991 citado por COLE Et al., 2011) asimismo se ha remplazado a los exfoliantes naturales como molienda de almendra, piedra pómez y avena (MOORE, 2008) llamando elegantemente como “microperlas o micro exfoliantes” variando en forma, tamaño y composición (FENDALL Y SEWELL, 2009) en los diversos productos comercializados, otros usos indican en tecnología de chorro de agua (GREGORY, 1996).

Según COLE et al (2011), describe como microplásticos secundarios a pequeños fragmentos de plásticos derivados de la descomposición de plásticos más grandes, o fragmentación de esta (ANDRADY, 2011); este proceso se repite tanto en la tierra como en agua (THOMPSON Et al., 2004).

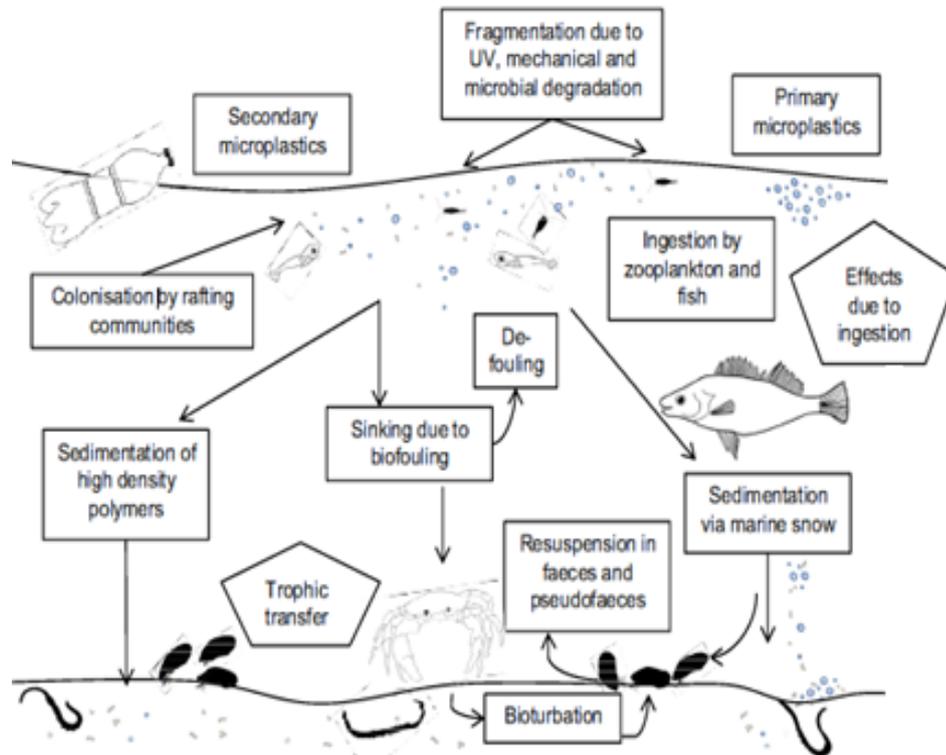


Fuente: Castañeta *et al.*, 2020

Figura 2. Resumen de clasificación, fuentes y donde desembocan los microplásticos

2.4 Proceso de degradación o fragmentación del microplástico

La velocidad de degradación o fragmentación de los plásticos dependerá de los factores ambientales y con el tiempo la pérdida de resistencia perdiendo algunas propiedades.



Fuente: Wright *Et al.*, 2013.

Figura 3. Principales mecanismos de difusión de los microplásticos e interacciones biológicas

2.5 Sumidero de microplásticos

En la amazonia peruana los ambientes acuáticos se pueden dividir en ambientes loticos (ríos y quebradas) y ambientes lenticos (lagunas, tipishca) (IIAP, 2006)

La sedimentación es el proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad y teniendo en cuenta el tamaño está asociado indirectamente a la velocidad de sedimentación (CPIS, 2004).

La sedimentación de microplásticos desde el punto de vertido está estrechamente relacionado a la adherencia de materia orgánica a su superficie (Zhan *et al.*, 2018), es por ello considerado sumidero de microplásticos (Manrique, 2019); los ríos son un conducto por donde los MPs llegan al océano sin embargo los sedimentos se consideran claves para su acumulación es por ello se muestra en el cuadro las investigaciones realizadas en ríos tanto en agua y suelo, con un rango de 5 mm

2.6 Impacto ambiental negativo de los microplásticos

La presencia de microplásticos se ha confirmado en todos los océanos en casi todos los mares, playas costeras y estuarios convirtiéndose en un sumidero de este material. El microplásticos se está volviendo un material omnipresente que no solo viaja por tierra y mar, también por aire (DRIS Et al., 2015).

Según CARPENTER y SMITH (1972) indican que los plásticos expuestos en el agua demoran más en degradarse que en el suelo mismo, estos materiales se han encontrado en todos los cuerpos de agua (océano, mares, lagos, estuarios, ríos, etc.) y en tierra firme potencia el problema debido a que los microplásticos de menor peso y densidad se vuelven objetos que el viento impele por consiguiente caen por precipitación ayudando a ampliar su distribución espacial y uniéndose así al ciclo del agua. Algunos estudios revelan que tramos urbanos de ríos tienen mayor concentración de fibras y aumenta a medida que se acerca al efluente de aguas residuales domésticas (DRIS Et al., 2015).

Este material tan pequeño está generando grandes problemas a nivel de ecosistemas que los seres vivos vemos amenazado nuestra existencia, se han encontrado desde los animales más grandes como ballenas llegando encontrarse también en la base de la cadena alimenticia que son los plancton y/o gusanos de tierra, estudios diversos afirman que los microplásticos se bioacumulan, generan sensación de saciedad el cual hace que los animales mueran por desnutrición o anemia, la prolongada exposición al ambiente libera sustancias tóxicas y cancerígenas; esto pasa en la vida marina pero en tierra firme la situación no cambia, muchos ecosistemas también están siendo afectados los cuales están siendo validado recientemente a nivel mundial.

Es muy probable que encontremos MPs dentro del ser humano en consecuencia al consumo de peces (IIAP,2020), mariscos, sal (Iñigue et al., 2017, Yang et al., 2015) y agua embotelladas (Welle et al., 2018) donde se ha demostrado la presencia de MPs; un estudio demostró la presencia de nano plástico en la sangre (Heather et al., 2022), aun no se comprende la exposición de estos polímeros en el ser humano y el peligro que con lleva para la salud pública.

2.7 Generación de residuos plásticos en el Perú y su disposición en ríos

La generación de producción de plástico en el mundo está en aumento cada año al igual que la generación de residuos plásticos, tanto es el problema de los residuos

plásticos que actualmente existe una isla basura denominada por los compuestos plástico existentes que se encuentra ubicada en el océano pacífico.

En el Perú se genera aproximadamente 19 mil toneladas de residuos sólidos al día (MINAM, 2019) equivalentes a 3 estadios nacionales y aproximadamente el 9.5% son residuos plásticos de esta cantidad solo el 0.3% es reciclado, el 56 se dispone y el restante 43.7% se desecha directamente al ambiente (MINAM, 2012), existe evidencia de vertimiento de residuos en los ríos confirmándose así el origen de plásticos encontrados en ríos y mares peruanos.

Según IEES - SIN (2018) indica que el consumo de plástico en el Perú es de 30 kg/hab/año encontrándose muy cerca del promedio de América Latina con 31 kg/hab/año. La producción de plástico aumenta con el Producto Interior Bruto de un país (PILLING, 2019), dada esta relación, la industria del plástico todavía tiene espacio para crecer en el Perú (PLASTPERÚ DIGITAL NEWS, 2016)

Los estudios de microplástico recién están en auge y la mayoría a sido en agua salada en todos los mares son muy pocas las investigaciones realizadas en agua dulce.

2.8 Marco legal

Por el constante uso en el 2018 fue considerada la palabra del año (FUNDÉU BBVA, 2018), emergiendo la conciencia del problema de contaminación que ocasiona al medio ambiente y al ser Humano. En el tema de los plásticos y microplásticos el Perú ha puesto la primera piedra en disminuir la producción de plásticos.

2.8.1 Normativa internacional

- ONU, Cada objetivos y metas del desarrollo sostenible incluye directa e indirectamente en reducir la contaminación por plástico
- PNUMA - Programa de las naciones unidas para el medio ambiente, promueve el desarrollo sostenible y actúa como defensor, educador, catalizador y facilitador
- UNION EUROPEA - Diversas directivas se refuerzan en el principio de jerarquía en las opciones de gestión de residuos.
- GOBIERNO ESPAÑA - LEY 22/2011 – LEY DE RESIDUOS, en concordancia con la U.E., reconoce que las prácticas de prevención que deben ser adoptadas en cada proceso de fabricación desde materia prima hasta la disposición de residuos.

- CONVENIO ESPAÑA – ASOCIACIÓN PLASTICS EUROPE, se firma el convenio para lograr un vertido cero de residuos plásticos dispuesto por la ley 22/2011 siendo un objetivo para el año 2020.

2.8.2 Normativa nacional

- Ley 27314 – Ley general de residuos solidos
- D.L. 1278 – Que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos
- D.S. 014- 2017 MINAM – Reglamento del D.L. 1278
- Ley 30884 –Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables.

2.9 Área de estudio en Ciudad de Aucayacu

La ciudad de Aucayacu es capital del Distrito de José creso y castillo y fue creada por Ley N.º 14777 del 26 de diciembre de 1963, a causa de la futura provincialización se separó de sus 3 centros poblados (Santo domingo de Anda, Pueblo Nuevo y Pucayacu), se encuentra a una altitud de 569 msnm, Con una población de 25 256 habitantes aproximadamente (INEI, 2018).

2.9.1 Ubicación Política

Los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla de la ciudad de Aucayacu están ubicados políticamente en el Distrito de José creso y castillo, está delimitado en la zona Sur - Este por el distrito de Pueblo Nuevo y Santo Domingo de Anda y al Norte con el distrito de Pucayacu y Progreso de la región San Martín; el laboratorio de microbiología perteneciente a la Especialidad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; políticamente está ubicado en el distrito de Rupa Rupa ciudad de Tingo María; ambos distritos pertenecientes a la provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco.

2.9.2 Ubicación geográfica

El distrito de José Crespo y Castillo está situado en la zona Nor-Este de la provincia de Leoncio Prado y el Norte de la región Huánuco, a ambas márgenes del río Huallaga, se encuentra a una altitud de 540 msnm, sus coordenadas geográficas se sitúan entre 08° 56' 00" latitud sur y 76° 02' 30" de longitud Oeste en el meridiano de Greenwich.

2.9.3 Clima

Según HOLDRIEDGE (1982) establece el diagrama bioclimático e indica que la ciudad de Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo pre montano tropical bmh – PT, y correspondientemente a las regiones naturales del Perú se denomina selva alta o Rupa Rupa. De acuerdo a los registros de la ESTACIÓN METEOROLOGÍA J.A.Q. (2010) la ciudad de Tingo María tiene T_{prom}: 24.9° C, H_{rel. prom}:86%, Vel. Viento max: 22.2 m/s; manteniendo la P_{prom. anual}:3328.9 mm donde las mayores precipitaciones se produce en los meses de septiembre y abril. Hidrográficamente se ubica en la cuenca del río Huallaga.

Según SENAMHI (s.d.) en el Mapa de Clasificación Climática del Perú, el territorio distrital pertenece a la región natural Selva Alta; clima cálido húmedo-lluvioso con precipitaciones pluviales frecuentes durante 7 meses del año, De acuerdo a los registros de la ESTACION METEREOLÓGICA TULUMAYO (2002) con una precipitación media anual que oscila entre 2,000 y 3,500 mm. 1 La humedad relativa mensual promedio durante el año 2002 fue de 88.17% variando en un rango de 80% y 90% de acuerdo al ciclo de lluvias. La temperatura media anual en el 2002 fue de de 24 °C , con una máxima de 31°C y una mínima de 19.5 °C , las variaciones mayores se presentan en la temporada de invierno (Junio – Setiembre) registrándose temperaturas bajas en el mes de Junio durante horarios nocturnos conocidos como friazos o surazos, originados por los vientos fríos procedentes del atlántico sur, comprendidos dentro del anticiclón polar marítimo.

2.9.4 Características Hidrográficas

La red hidrográfica del distrito está conformada por el río Huallaga que atraviesa el distrito de Sur a Norte, formando una Sub-cuenca que forma parte del Valle del Alto Huallaga, los tributantes importantes del río Huallaga son; El río Sangapilla, Aucayacu, Pavayacu, y una red de quebradas que configuran un territorio de suelos aluviales (Franco-arenosos, Franco-limosos). El río Huallaga es la principal fuente de agua natural, medio de acceso y comunicación (es navegable en toda su extensión por embarcaciones pequeñas y medianas) de la población con el interior del distrito (aguas abajo, aguas arriba). Mide aproximadamente 65 metros de ancho y tiene una pendiente de 8%, caudal poco torrencioso, cause de recepción amplio, gran longitud y navegable durante todo el año, su ubicación es estratégica puesto que sirve como ruta principal de acceso a la carretera Fernando Belaúnde Terry con dirección al departamento de San Martín y Tingo María (PDC – JCC, 2008).

2.9.5 Características geológicas

Las características fisiográficas y edáficas del área de influencia han sido determinadas teniendo en consideración el mapa geológico del cuadrángulo de Huánuco, identificándose valles aluviales, valles plenipénicos y paisajes colinosos (IGEMMET, 2016), El 70% (198 076.9 hectáreas) de los suelos presentan características edáficas que indican son de calidad agrológica media aptos para forestales, pastoreo, cultivos en limpio (textura Arenoso-franco y Franco limoso) como; frijón, arroz, maíz, plátano y cultivos permanentes (cacao, cítricos, frutales, etc.), con limitaciones por suelo y erosión

El 30% (84 890.10 hectáreas) aproximadamente son de calidad agrológica baja con serias limitaciones por suelo y erosión con vocación forestal, pastoril o de protección (Franco a Franco-arcilloso), son suelos de fisiografía regular (pendiente > 5%) de textura variable, profundos de topografía (GIS – FONCODES citado por PDC-JCC, 2015).

2.9.6 Flora y Fauna

El tipo de flora que predomina en el territorio es de tipo arbórea y arbustivo que corresponde a bosque primario (Monte Virgen) y bosque secundario (purma baja y alta). El bosque primario (zona Este y Oeste del territorio) está constituido por masas boscosas de tipo tropical y subtropical cuya composición florística es diversificada con alto contenido volumétrico variable de especies maderables aprovechables (250 a 350 m³ /hectárea), el 50% de este volumen procede principalmente de 7 especies (Moena, Caoba, Cedro, Tornillo, Bolayna, Requía, Lupuna). La fauna es diversa, enriquecida por especies animales mayores y menores propio del trópico, sin embargo, la incursión continúa y agresiva del hombre progresivamente genera depredación de las especies propias del trópico. La utilidad del escaso recurso fauna para la población del ámbito es importante, no sólo constituye una valiosa fuente de alimentos, por esta razón el buen uso de la fauna y su integración a la economía local y regional es de urgente intensidad, no solo por su importancia económica sino también por el valor turístico y ecológico que encierra (INRENA, 2002 citado por PDC-JCC, 2015).

2.9.7 Sistema de abastecimiento de agua potable

La administración del agua para consumo humano es gestionada por la E.P.S. SEDA HUÁNUCO.S.A., supervisada por el A.L.A. Tingo María, la infraestructura está construida en la quebrada Tigre, abasteciendo a toda la zona urbana de la ciudad de Aucayacu;

los reportes realizados mensual por la E.P.S. no reportan basura antropogénica y el agua es buena calidad según L.M.P.

2.9.8 Vertimiento de agua residuales

El sistema de agua residuales es administrado por la E.P.S. SEDA HUÁNUCO.S.A., no cuenta con ningún tratamiento hasta la fecha de hoy solo se dispone su vertimiento, cuenta con 2 efluente en el rio Sangapilla, 2 efluentes en el rio Aucayacu, sin embargo, estos no abastecen a toda la zona urbana, la población que no cuenta con este servicio y viven cerca a la rivera realizan sus propias conexiones en los ríos

2.9.9 Generación de residuos solidos

El crecimiento de poblacional y la mala disposición de residuos sólidos y líquidos es un problema común en toda América latina, el Perú y aún más en los distritos alejados, la zona urbana de Aucayacu genera aproximadamente 14 Tn/D de residuos sólidos domiciliarios dispuestos en un botadero municipal controlado (MDJCC, 2019), existe puntos críticos de pequeños botaderos que se están generando en diferentes puntos de la ciudad y cercanos a los ríos antes mencionado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Estaciones de muestreo

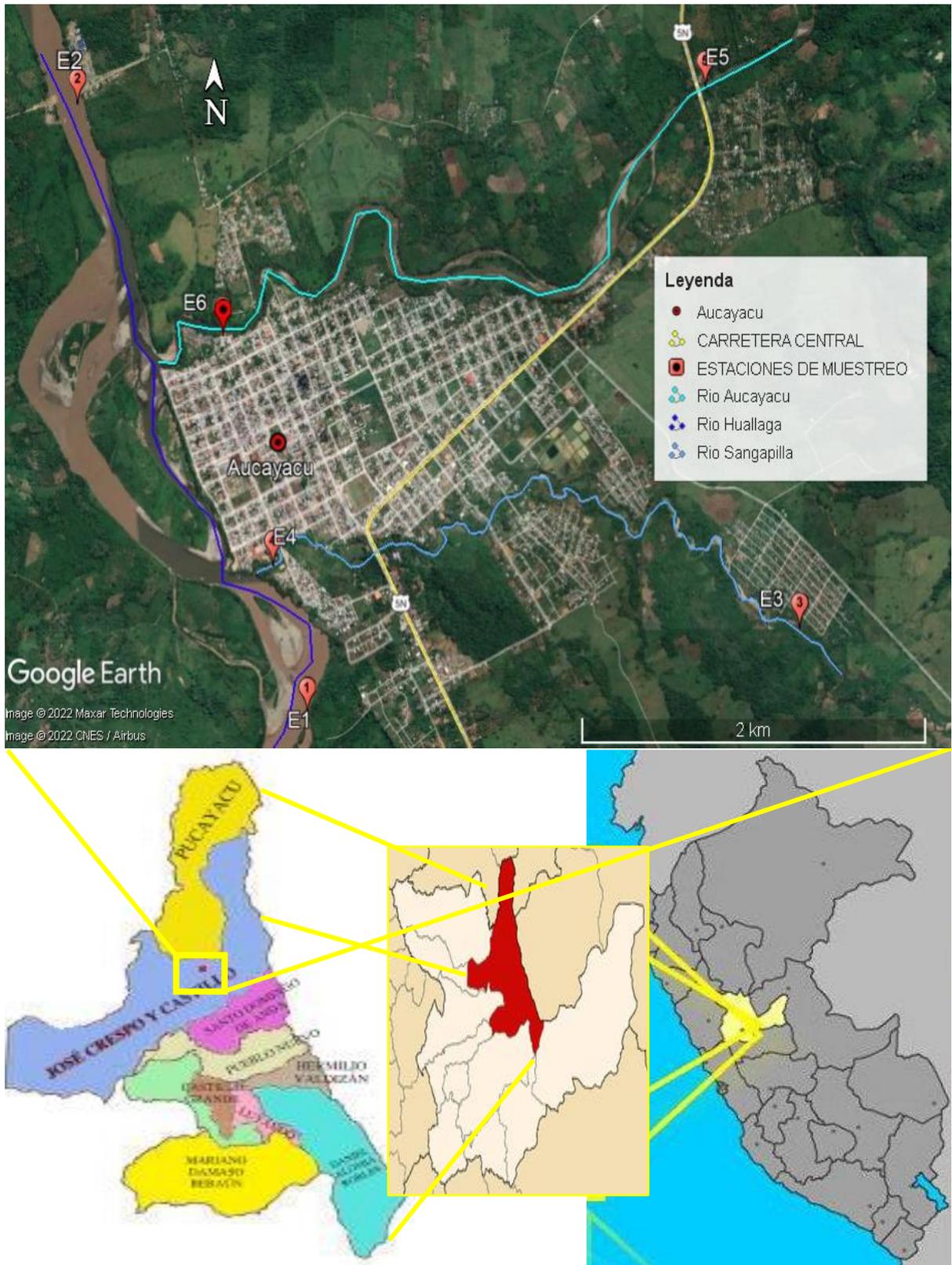
El trabajo de investigación se dividió en 2 fases, la primera fase de campo que se realizó en cada uno de los 3 ríos de la ciudad de Aucayacu y la segunda fase fue en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

De acuerdo al sistema de saneamiento y la densidad poblacional en las zonas urbanas que están asociadas directamente a la cantidad de microplásticos se procedió a seleccionar 6 estaciones de muestreo (E1, E2, E3, E4, E5 y E6) para agua y sedimentos para detectar e identificar las concentraciones de microplásticos; se ubicó 2 estaciones por cada río, las estaciones E1, E3 y E5 estuvieron situadas en la parte alta de los ríos donde la presencia de habitantes es escasa o nula mientras que las estaciones E2, E4 y E6 se ubicaron en la parte baja de los ríos donde se identificó la última casa perteneciente a zona urbana. Las coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo están descritas en la siguiente tabla.

Tabla 4. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo

Fase	Rio	Altitud	Coordenadas UTM (WGS 84)18 S	
			Este	Norte
E1	Huallaga	564 msnm	377403.88 m	9011030.12 m
E2		556 msnm	376060.74 m	9014227.31 m
E3	Sangapilla	614 msnm	381427.21 m	9010909.36 m
E4		563 msnm	377173.19 m	9011820.60 m
E5	Aucayacu	584 msnm	380393.80 m	9014631.18 m
E6		555msnm	376598.32 m	9012901.21 m

Fuente: elaboración propia



Fuente: Adaptación de Google Earth Pro y elaboración propia

Figura 4. Mapa de ubicación las estaciones de muestreo en el distrito de José Crespo y Castillo

3.1.1 Estación E1: zona alta rio Huallaga

La E1 se encuentra a 1.5 km del centro de la ciudad, navegando río abajo se puede encontrar isla con vegetaciones. En época de estiaje permite ser zona de cultivos y recreación por la poca profundidad en las riveras donde se acumulan zonas de arena y zonas de pedregal. También se encontró cantidad de residuos acumulado a lo largo de la rivera, en época de invierno el Río Huallaga se vuelve peligro es menos transitable en comparación a la época de verano. En la figura 5 se observa la estación de monitoreo E1 en el mes de febrero.



Fuente: Fotografía de Lucerito J. Lino Tolentino, Feb. 2020

Figura 5. Estación de muestreo E1 zona alta del río Huallaga en T1

3.1.2 Estación E2: zona baja rio Huallaga

La E2 se encuentra a 2 km del centro de la ciudad, navegando río arriba se puede encontrar isla con vegetaciones, en época de estiaje permite ser zona de cultivos donde se acumulan zonas de arena y a escasos metro se encuentra una balsa que realiza traslado de vehículos motorizados. En esta zona se encontró gran cantidad de residuos plástico en las riveras. En época de invierno en tránsito en la balsa es menor por la temporada de lluvia. En la figura 6 se observa la estación de monitoreo E2 en el mes de abril.



Fuente: Fotografía de Lino L., 2019

Figura 6 Estación de muestreo E2 zona baja del río Huallaga del T2

3.1.3 Estación E3: zona alta río Sangapilla

La E3 se encuentra a 3.3 km del centro de la ciudad cerca, navegando río abajo a 600 metros aproximadamente se puede observar casas con conexiones de desagüe, en época de estiaje permite ser zona recreacional.



Fuente: Fotografía de Lucerito J. Lino Tolentino, 2019

Figura 7 Estación de muestreo E3 d zona alta del río Sangapilla

3.1.4 Estación E4: zona baja rio Sangapilla

La E4 se encuentra a 0.78 km del centro de la ciudad, a unos 200 metros se puede observar un conducto de desagüe pequeño diferente al que administra la E.P.S. navegando río arriba se puede observar casas con conexiones de desagüe en ambos márgenes. En esta zona se encontró algunos restos de basura y pocas bolsas plásticas



Fuente: Fotografía de Lino L., 2019

Figura 8 Estación de muestreo E3 zona baja del rio Sangapilla

3.1.5 Estación E5: zona alta rio Aucayacu

La E5 se encuentra a 3 km del centro de la ciudad, a unos 5 metros del Puente Yacusisa como se muestra en Figura 9, se puede observar algunos recreos que en época de estiaje se convierte en zona de recreación muy popular a diferencia en época de invierno donde la lluvia abunda y el nivel del agua crece; navegando río arriba o abajo no se encontró casas o conexiones de desagüe. Es común encontrar residuos sólidos en la época de verano.

3.1.6 Estación E6: zona baja rio Aucayacu

La E6 se encuentra a 0.66 km del centro de la ciudad, a 75 metros se encuentra el desagüe colector de la zona céntrica y a unos 1.5 km aprox. río arriba se encuentra el siguiente punto de vertido de agua residual, se observa también casas ocupando toda la riberas que comprende la zona urbana; sin embargo a causa del crecimiento poblacional del otro lado del río existe un asentamiento humano denominado “Wilder miranda”, no cuenta con los

servicios de recolección de residuos y desagüe creando un pequeño botadero y un punto de vertido de agua residual convencional cerca a nuestro punto de muestreo (1.2 km), a consecuencia de ello se encontró algunos residuos sólidos de preferencia plásticos.



Fuente: Fotografía de Lucerito J. Lino Tolentino, 2019

Figura 9. Estación de muestreo E5 zona alta del rio Aucayacu



Fuente: Fotografía de Lucerito J. Lino Tolentino, 2019

Figura 10 Estación de muestreo E6 zona baja del rio Aucayacu

3.2 Materiales y equipos

La Universidad Nacional Agraria de la Selva con apoyo de los laboratorios de Atmosférica, Suelos y de Microbiología, donde se realizó los análisis de las muestras de agua y sedimento, proporcionaron los Materiales y equipo a usar los cuales fueron: Frascos de vidrio (500 ml), piseta, agua destilada, hipoclorito de sodio(1 kg), cronómetro, rotuladores, marcadores permanentes, placa petri, pinza de punta ultra fina, Cuadrante de 50 x 50, cinta métrica (30 m), bandeja de plásticos, bolsas de cierre resellable transparente (20 x 30cm), papel aluminio, Tamiz de N° 270 (53 μ m) N°230(6363 μ m), y N° 25(710 mm), Pala pequeña o espátula, vaso precipitado (1000 ml), probeta de 1 L, agitador de vidrio, agitador de madera, alcohol 70%, aceite, lupa, algodón, pinza, mascarilla guardapolvo, guantes de látex, filtro Watman (N° 41 x 125 mm), filtro de fibra de vidrio Watman (0.7 μ m x 155 mm), embudo de decantación, papel aluminio, nevera portátil (ice cooler), lejía, detergente esponja..

Los equipos utilizados fueron Navegador GPSMAP 64sx Garmin, Microscopio, multiparámetro (Ph, Conductividad, Salinidad, Solidos Disueltos) y balanza analítica, estufa.

3.3 Método

3.3.1 Tipos de investigación

El presente trabajo de investigación corresponde a un tipo descriptivo, denotando la variable de estudio como variable dependiente a la concentración de microplástico en el agua y concentración de microplástico en el sedimento; y variable independiente a los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla.

3.3.2 Diagnóstico de puntos críticos de contaminación

Se recorrió cada tramo de río entre cada estación de muestreo en busca de posibles fuentes de contaminación, sucesivamente se registró la información en las hojas de datos y su fotografía, como se muestra en el apéndice 3, se encontró fuentes de contaminación en todas las estaciones de muestreo excepto en la estación 3 como se observa en la figura 11.

Así mismo se redactó la opinión veterana de los pobladores quienes indican que aproximadamente 20 años había un botadero de grandes dimensiones situada cerca en la rivera del río, actualmente no existe ese botadero porque fue sepultada con montones de tierra en el mismo lugar; este botadero se encuentra en el punto medio de las estaciones 1 y 2 en la margen derecha del río Huallaga



Fuente: Fotografía de Lucerito J. Lino Tolentino, 2019

Figura 11. Puntos críticos de contaminación por residuo en los puntos de monitoreo de los 3 ríos de Aucayacu.

3.3.3 Determinación de estaciones de Muestreo

La metodología del muestreo dependerá de la condición en la que se encuentre las estaciones de muestreos (agua y sedimento) como la accesibilidad, extensión, caudal, etc.

Se utilizó la metodología de Manrique, R. 2019 para muestras de agua y de Hidalgo-Ruz Et al. 2016 para las muestras de sedimento de lecho de río, se realizó algunas modificaciones a los procedimientos de extracción de muestras para adecuarla a la zona de muestreo determinado, en cada estación se recolectará 2 tipos de muestras una de sedimento de lecho de río y una de agua.

El estudio evaluó 6 estaciones de muestreo (E1, E2, E3, E4, E5 y E6) de las cuales las estaciones E1 y E2 estarán situados en el río Huallaga, E3 y E4 en el río Sangapilla y por último las estaciones E5 y E6 en el río Aucayacu. Estos puntos estarán distribuidos en las zonas altas y zonas baja de cada río respectivamente. La selección de muestra estuvo determinada por 2 tipos de muestras (Agua y sedimento de lecho de río) para cada estación

De acuerdo a la metodología se traza un transecto perpendicular al río para muestras de agua, en la Estación E3 se realizó el transecto perpendicular al río por ser un río de caudal pequeño transitable a pie (en época de verano); sin embargo por la peligrosidad se optó por realizar el transecto paralelo a cada río respectivamente para ambas muestras, en caso en las estaciones E1, E2, E4 y E5 se trazó un transecto paralelo al margen accesible debido a la accesibilidad del mismo, por su geografía y por el cuidado de mi integridad. Para las muestras de sedimentos de lecho de río se extrajo muestra aleatoria de sedimento de la superficie disponible.

Todas las muestras de agua fueron recolectadas en la margen derecha de cada uno de los ríos a excepción de la E3 que se realizó en medio del río; para las muestras de sedimento se recolecto a la orilla de la margen derecha

En la estación E3 del transecto perpendicular se recolecto la muestra de agua en esa dirección a 10 cm aproximadamente de la superficie en un envase de vidrio de 1 litro, previo enjuague en el mismo río, y sellado herméticamente.

Los residuos de origen natural o antropogénicos mayores a 1 cm fueron removidos, luego se procedió a delimitar los cuadrantes de 50.cm x 50 cm con una profundidad de 5 cm para consiguiente proceder a recolectar el sedimento con una pala metálica (sin pintura)

en los puntos establecidos, las 10 muestras se mezclarán y se cuartearán, se seleccionarán 2 cuartas partes (1 kilos), se procederá a depositar la muestra en paquetes hechos de aluminio a su vez se trasvasará a la bolsa de hermético de polietileno debidamente marcada con códigos y fecha para su posterior análisis en laboratorio. En las estaciones E3 y E6 se recolecto muestras aleatorias hasta completar la cantidad de 1 kg por repetición.

Se mantendrá un blanco de 1kg de arena limpia y seca por cada estación, estos blancos serán sometidos al mismo tratamiento de las muestras en el laboratorio. Todas las estaciones de muestreo tienen coordenadas UTM las cuales fueron registradas en la hoja de Campo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Diseño por estación de muestreo

De acuerdo a las 6 estaciones de muestreo (E1, E2, E3, E4, E5 y E6) para cada 1 uno de los ríos se recolecto muestras de agua y sedimentos para detectar e identificar las concentraciones de microplásticos para cada ríos, en cada estación de muestreos (1 de agua y 1 de sedimentos) se realizó 5 repeticiones, de las cuales se recolecto en los 3 tratamientos que corresponde al T1 el mes de febrero (época de lluvia), T2 mes de mayo (época intermedia) y el T3 el mes de julio (época de verano) como se muestra en la figura 13; teniendo al final 108 muestras entre agua y sedimento, a continuación, se muestra el diseño del estudio y diagrama general.

3.3.4 Determinación de parámetros

Para la determinación de los parámetros físico químicos, durante el muestreo in situ se realizó las siguientes mediciones de parámetros: temperatura, conductividad, sólidos disueltos, pH, oxígeno disuelto con un medidor multiparamétrico, El equipo será calibrado en cada estación con una solución estándar de pH (7.00), Temperatura, la conductividad eléctrica con solución estándar (H17034L) y Sólidos totales, como se muestra en el anexo A.

3.3.5 Transporte de muestra

Según MINAM (2014) y DIGESA (2015) se mantendrá las muestras selladas con la cadena de custodia. El transporte de muestra será en Ice cooler de 50 litros contenido con refrigerante a 4° C, para la preservación de la muestra y es el mismo día de recolección desde el distrito de José creso y Castillo ciudad de Aucayacu transportará hacia el distrito de Rupa Rupa, el Laboratorio de la U.N.A.S.

Según MASURA Et al. (2015) y RETAMA, I. (2016), indican que si la muestra presenta abundante materia orgánica se le adicionan 10 - 30 mL de hipoclorito de sodio al 10% y se deja reposar de 24 a 48 horas, con el fin de eliminar la materia orgánica y reducir considerablemente la interferencia en la determinación de microplástico.

Por motivo de la Pandemia no se pudo trasladar las muestras el mismo día así que antes del sellado hermético se agregó 200 ml de solución salina con una concentración de 300gr/L, para evitar la proliferación de bacterias, hongo o algas. (CABRERA, D. 2018.)

3.3.6 Protocolo de prevención de contaminantes

El reciente descubrimiento de microplásticos en la atmósfera Manrique, R. (2019), adaptó un protocolo de prevención descrito a continuación.

- Preparación

Al momento del análisis y la manipulación de muestras, se cerró las ventanas y puertas del laboratorio. Aunque la vestimenta sintética podría liberar microfibras, esto se evaluó con los blancos.

- Limpieza

Se limpió la superficie de trabajo con papel humedecido con agua destilada para evitar microfibras presentes en el polvo atmosférico sedimentable. Se limpió el material de trabajo con etanol al 70 %. Las bocas de los vasos y matraces serán cubiertos con papel aluminio.

- **Monitoreo de sólidos particulado en la atmosfera**

Se humedecerá el papel de filtro Whatman N° 41 circular de 125 mm de diámetro con agua destilada y se colocará sobre la base de una placa Petri previamente codificada. La placa Petri fue ubicada cerca del área de trabajo. Se analizó el papel de filtro bajo el microscopio buscando MP como microfibras y micro fragmentos. No se corroboró la presencia de MP por el microscopio.

- **Determinación de blancos**

Según MANRIQUE (2019), La arena se lavó con agua destilada, se decantó y secó en una estufa 110° C. se repitió los procedimientos en los 6 blancos. El transporte, almacenamiento y tratamiento de los blancos de campo fueron los mismos que para las muestras de suelo y sedimento.

3.3.7 Tratamiento de las muestras

Las técnicas y procedimientos para la determinación de microplásticos en el agua se basan en una adaptación del protocolo de Manrique, R (2019); para muestras de sedimento HIDALGO-RUZ *et al.* (2016), RETAMA, I. (2016), (BESLEY *et al.*, 2016), MASURA *et al.* (2015) y ECI, (2008)

Una vez trasladadas las muestras de agua y sedimento, se procedió a llenar la muestra de sedimento en un vaso precipitado 70° C por 3 – 7 días en la estufa, una vez las muestras sedimento están secas se procedió a tamizarlo por 20 min empleando tamices con malla de 53 µm, 63 µm y 710 µm. Se extrajo las muestras de suelos tamizados mayor a 53 µm y menor 63 µm.

3.3.8 Identificación de polímeros

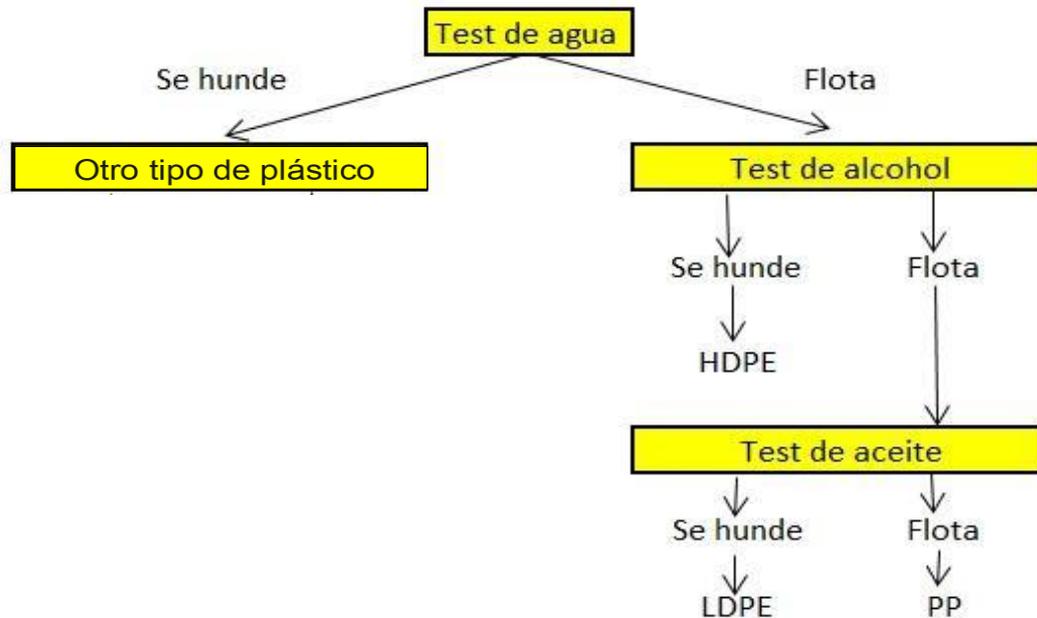
Al termino del tamizaje se procedió a trasladar las muestras de sedimento seleccionado a una probeta de litro el cual se añadió 120 g/l de NaCl (2,05 M; $\rho = 1,08$ g/ml) se agito durante 5 minutos para diluirlo completamente. Se dejó reposar la dilución por 30 minutos

cubriendo la boca de la probeta con papel aluminio, hasta tener un líquido de baja turbiedad. Se procedió a separar en un matraz de la misma medida el sobrenadante hasta el ras del sedimento.

Todas las muestras de agua recolectadas en frascos de vidrio (1 litro) herméticamente cerrado y las que fueron extraídas de las muestras de sedimento anteriormente fueron sometidas a la separación de microplásticos por densidades, se procedió a repetir, pero con diferentes soluciones, con alcohol 70% (500 ml) y luego con aceite (500ml), se agito por 3 minutos para tener una solución homogénea. Dada la densidad de los microplásticos, la solución fue colocada en un embudo de decantación de vidrio de 1 L para la separación de microplásticos basado en las diferentes densidades dejándose reposar la muestra. Por decantación se separaron la muestra en 2 partes el sobrenadante y el fondo, se procedió al uso de 1 filtro de fibra de vidrio Wattman (0.7um x 155 mm) contenido en un embudo de vidrio y un matraz de litro, se filtró los primeros 300ml, el segundo filtro de fibra de vidrio Wattman (0.7um x 155 mm) decanto el restante de la solución. La decantación termino de filtrar hasta más de 5 horas para una muestra. Se procedió a enjuagar con agua destilada las peras de decantación para remover las partículas de microplastico adheridas al vidrio.

Se observó cada filtro en el microscopio. Los objetos residuales naturales persistentes que se identificaron fueron removidos con la ayuda de una pinza punta fina y una aguja se colocaron en un mechero para identificar microplásticos que tenían semejanza con otro material.

Para la identificación de polímero se utilizó la metodología de ECI, (2008), como se muestra en la figura 14. se determinó que para el filtro de los microplásticos del fondo son MP's de tipo 7 (otros) considerados como PVC (polivinilo de), PS, PET, etc. El sobrenadante del test de alcohol fueron del tipo HDPE (PEAD-Polietileno de alta densidad por sus siglas en español), el sobrenadante es del tipo LDPE (PEBD-Polietileno de baja densidad por su sigla en español) y por último el test de aceite considerado como PP (polipropileno);



Fuente: ECI, (2008), citado por Vidal *et.al.*, (2013), adecuación propia.

Figura 13. Identificación de polímeros mediante diferentes ensayos prácticos

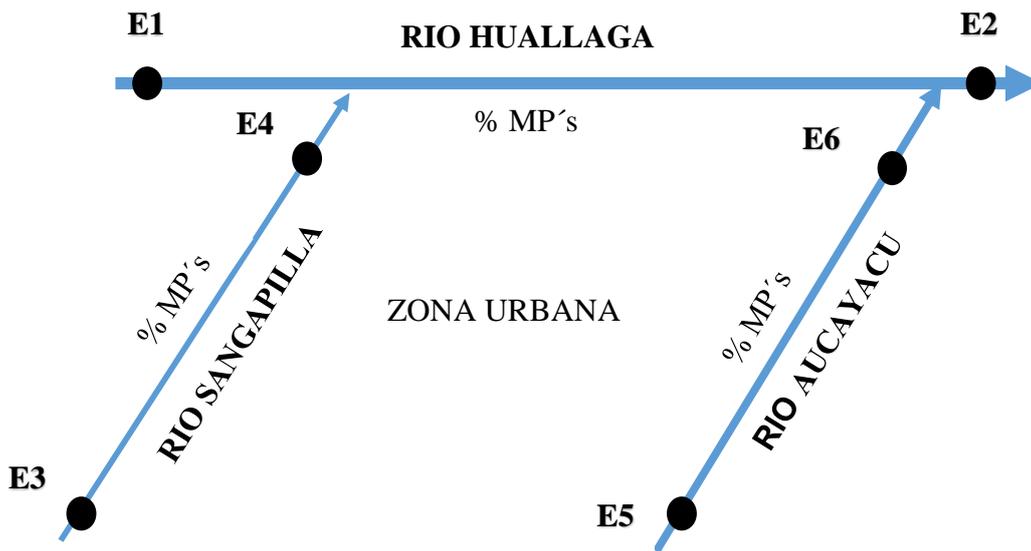
Una vez concluido el filtrado se procedió colocarlos cada filtro en su propia placa Petri cerrada para luego llevarlo a secar en una estufa a 70°C. Una vez seco se procedió a retirar los filtros. Se preparó un vidrio de reloj marcado con cuadrículas de 1 cm el cual ayudara para la contabilización de MP's. Se procedió a colocar el filtro con el vidrio de reloj en el microscopio y se procedió a contabilizar cada filtro utilizado determinando el tipo de MP's

3.3.9 Determinación de concentración de microplásticos en muestras de agua y sedimento

Para determinar la concentración de microplástico se contabilizo los filtros pertenecientes a la misma estación de muestreo (repeticiones) las cuales fueron contabilizados por microscopia óptica mediante la técnica de observación. La cantidad de microplásticos fue expresada en und. (por el número total de microplásticos) y kg o L(por la unidad de medida de la muestra), se determinó la concentración por estaciones de muestreo y tratamiento. Se usó el DCA, el método de estadístico ANVA y la prueba de Tukey para determinar la diferencia estadística de la cada estación de muestreo entre tratamientos, ver Item 3.3.11. Se utilizó la misma metodología para las muestras de agua y muestras de suelo.

3.3.10 Determinación del aporte contaminante

Obtenida el total de microplástico por estación (E1, E4 y E6) y por tipo de muestra (agua y sedimento) se evaluará el aporte contaminante mediante la transformación de los datos en porcentajes, por diferencia de concentraciones se determinará el aporte porcentual de cada río como se muestra en la figura 14. Se usó el método de estadístico ANVA y la prueba de Tukey para determinar la diferencia estadística entre estaciones del mismo río. Ver Item 3.3.11



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Diseño del aporte contaminante por microplásticos para cada río

3.3.11 Análisis estadístico

Los datos de los microplásticos encontrados en los filtros de las muestras de agua y sedimento se sometieron a una prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA) determinando el nivel de significancia si hay diferencia estadística entre repeticiones de la misma estación de muestreo, realizando la prueba de Tukey para evaluar valores máximos y mínimos, para los objetivos de determinación de microplástico para las muestras de agua y sedimento. Así mismo se realizó para el objetivo 4 del aporte de contaminante entre estaciones de muestreo del mismo Río, evaluándose el nivel de significancia si hay diferencia estadística entre promedio de estaciones de muestreo perteneciente al mismo río, las pruebas se realizaron a los datos recolectados de concentración de MP's para las muestras de agua y muestras de sedimento. El Análisis de varianza utiliza el modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, t$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

ε_{ij} = Error aleatorio, donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

Tabla 5. Análisis de ANVA

Fuentes de Variación (F.V.)	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Cuadrados Medios (C.M.)	F0
Tratamientos	t-1	$\sum_{i=1}^t n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	$\frac{S.C. TRAT.}{t-1}$	$\frac{C.M. TRAT.}{C.M. ERROR}$
Error	$\sum_{i=1}^t n_i - t$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	$\frac{S.C. ERROR}{\sum_{i=1}^t n_i - t} = \sigma^2$	
Total	$\sum_{i=1}^t n_i - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2$		



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Procedimiento general del diseño del estudio

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

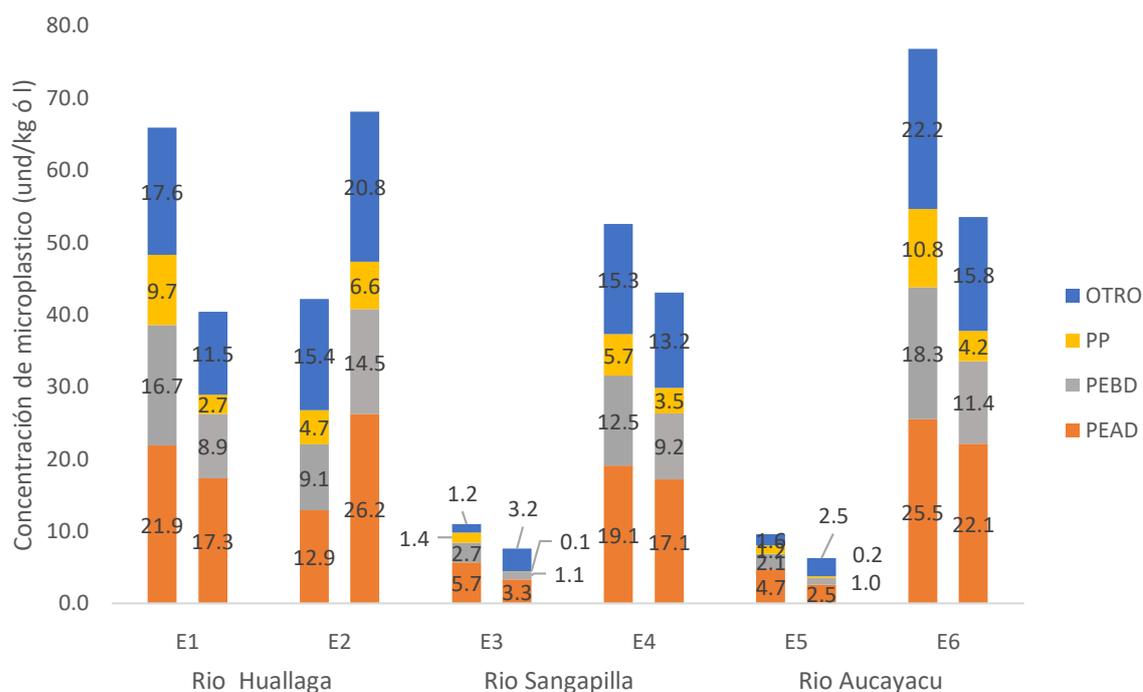
4.1 Identificación de microplástico

Los tipos de microplásticos que fueron obtenidos fue PEAD, PEBD, PP y OTRO, las cuales fueron extraídas en el periodo de febrero, abril y junio del 2020

Para las muestras de agua se encontró en mayor cantidad de PEAD en la E6 con 25.5 MP's/ L y en el nivel más bajo fue en la E3 con 4.7 MP's/L, microplásticos del tipo PEBD se encontró en mayor cantidad en la E6 con 18.3 MP's/ L y en el nivel más bajo fue E5 con 2.1 MP's/L, microplásticos del tipo PP se encontró en mayor cantidad en la E1 con 9.7 MP's/ L y en el nivel más bajo fue en la 5,3 con 1.2 MP's/L, microplásticos del tipo OTRO se encontró en mayor cantidad en la E6 con 22.2 MP's/ L y en el nivel más bajo fue en la 5,3 con 1.2 MP's/L.

Para las muestras de sedimento se encontró microplásticos del tipo PEAD en mayor cantidad en la E2 con 26.2 MP's/ L y en el nivel más bajo fue en la E5 con 2.1 MP's/L, microplásticos del tipo PEBD se encontró en mayor cantidad en la E2 con 15 MP's/ L y en el nivel más bajo fue E5 con 1 MP's/L, microplásticos del tipo PP se encontró en mayor cantidad en la E2 con 6.6 MP's/ L y en el nivel más bajo fue en la E3 con 0.1 MP's/L, microplásticos del tipo OTRO se encontró en mayor cantidad en la E2 con 21 MP's/ L y en el nivel más bajo fue en la 2.5 con 1.2 MP's/L. el detalle de los cálculos está en el Anexo B para muestras de agua y el anexo C para muestras de suelo.

En la Figura 16 se observa el promedio de los tipos de microplásticos encontrados por estaciones de muestreo y por el tipo de muestra (agua y sedimento) en los diferentes ríos de la ciudad de Aucayacu.



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Promedio de tipos de microplástico por estación de muestreo en las muestras de agua y sedimento respectivamente.

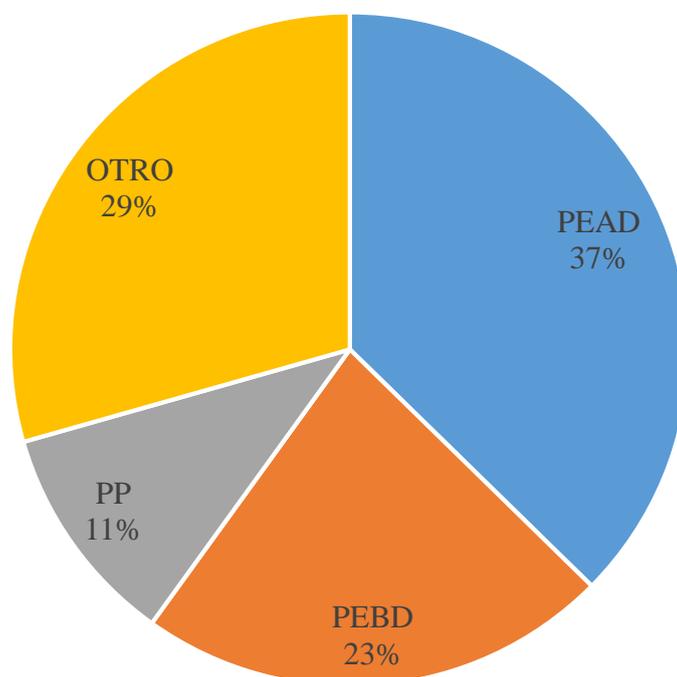
Según varios estudios una de las fuentes de ingreso de microplásticos al río son los efluentes de aguas residuales de las zonas urbanas, los microplásticos encontrados en las plantas de tratamientos de aguas residuales fueron PE, PA, PVC, EAA, PS y PET, con la distribución de porcentaje de concentración mayor en PE y menor en PET; de manera que, explicaría la presencia de la mayoría de PE y PP (Cabrera D. 2018).

Los MP's presentes en productos de belleza los del tipo PE con morfología variada, comprenden entre 200-450 um y representan aproximadamente de 1 y 2% del contenido total (Godoy, *et al.*, 2018); es de uso común utilizar productos de limpieza y más en la zona urbana donde se aglomera las aguas residuales en uno o más punto de descarga en los ríos, siendo el microplástico común encontrados en desecho de residuos sólido y de aguas residuales.

Diversos estudios realizados en el mar se encontró gran cantidad de microplásticos de diversos tamaños, pero en estudios realizados en los ríos es muy versátil encontrar microplástico de gran tamaño es decir equivalente a 5 mm para su identificación,

puesto que la espectroscopia infrarroja no logra identificar las microfibras entre 500 um debido que son muy finas (CABRERA, D. 2018);

En la Figura 17 se muestra el porcentaje de los tipos de microplásticos encontrados en todo el estudio, siendo el mayor de todos PEAD con 37% y en menor cantidad PP con 11%

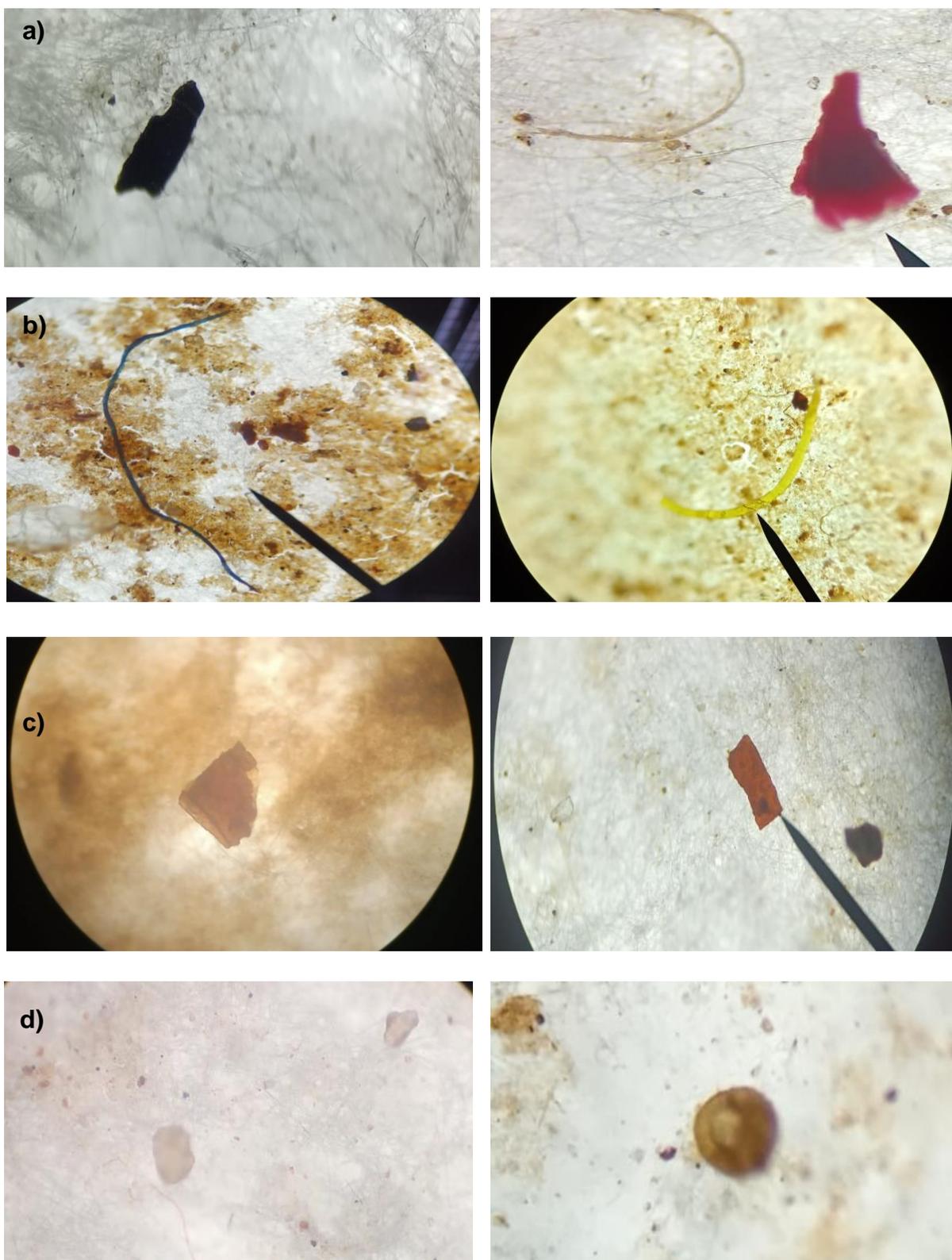


Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Cantidades de Microplásticos encontrados según su tipo.

Mientras que los métodos analíticos para determinar microplásticos en aguas de mar y residuales están bien desarrollados, su análisis en aguas continentales, y específicamente en aguas de captación y consumo, es hoy en día un reto analítico complejo debido al pequeño tamaño de las partículas, su baja concentración y su naturaleza química variable (polímeros puros o mezclas) (Marin et, al., 2019).

Las formas de microplásticos encontrados en muestras de agua y sedimento fueron fragmento, fibra, Lamina y esfera, variando en colores desde el más oscuro hasta transparente siendo este último el más perjudicial el cual es ingerida por las especies acuáticas generando saciedad el cual hace que los animales mueran por desnutrición o anemia, así mismo la prolongada exposición estos materiales al ambiente libera sustancias toxicas y cancerígenas. En la Figura 18. Se observa las formas comunes de microplásticos durante el proceso de identificación y cuantificación.



Fuente: Fotografía de Lucerito J. Lino Tolentino, 2020

Figura 18. Formas de MP's encontrados en los 3 ríos de Aucayacu, en muestras de agua y sedimento a) fragmento, b) fibra, c) Lamina y d) esfera.

4.2 Concentración de microplástico en muestras de agua

Según el análisis de las 90 muestras extraídas de los 3 ríos de la ciudad de Aucayacu se observó en el microscopio la presencia de MPs, en la tabla 5 se observa un ligero incremento de las concentraciones de microplástico en el periodo de junio (T3)- época de sequía en las diferentes estaciones de muestreo, siendo de mayor concentración la E6 perteneciente a la zona de baja del río Aucayacu, seguido por la E1 perteneciente la zona alta del río Huallaga y la E4 perteneciente la zona baja perteneciente al río Sangapilla.

También se puede apreciar la variación de los promedios de concentraciones de microplástico en muestras de agua en referencia al tipo de tratamiento, es decir no existe diferencia estadística de las concentraciones realizadas en las repeticiones de muestras de agua en la E1, así mismo para las estaciones E2, E3, E4, E5, y E6; Pero existe diferencias estadísticas significativa entre los promedios evaluados para cada río mediante la prueba de Tukey. Ver anexo F

Se puede apreciar que los microplástico encontrados en muestras de agua del mismo río con respecto al tratamiento son diferentes estadísticamente donde se rechaza la hipótesis nula y ningún grupo de medias tiene letras en común todas las medias tienen diferencias significativas, es decir existe diferencia entre concentraciones realizadas en las repeticiones de muestras de agua en el río Huallaga con respecto a la E1 y E2 así mismo para las estaciones E3 y E4 pertenecientes al río Sangapilla , E5 y E6 perteneciente al río Aucayacu.

Tabla 6. Concentración de microplástico en diferentes tratamientos para muestras de agua

Ríos	Estaciones de muestreo	T1	T2	T3
		Época de lluvia concentración (Unid/L)	Época intermedia Concentración (Unid/L)	Época seca Concentración (Unid/L)
Huallaga	E1	54 ^A	65 ^A	78 ^A
	E2	38 ^B	39 ^B	49 ^B
Sangapilla	E3	10 ^C	11 ^C	12 ^C
	E4	49 ^D	54 ^D	54 ^D
Aucayacu	E5	9 ^E	9 ^E	10 ^E
	E6	68 ^F	79 ^F	84 ^F

Los valores representan el promedio. Las Letras (A-D), representan las diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluados para cada estación mediante la prueba de Tukey Ver anexo D.

Se observa que para las zonas altas la concentración es menor a diferencia de las zonas bajas, pero se encuentra inverso para la estación E1 el cual contiene mayor concentración en la E1 a diferencia de la E2, se puede inferir que la procedencia y distribución de los microplásticos es afectada por las conexiones hidrodinámicas (turbulencia, densidad, circulación, sedimentación, etc) (Eriksen *et al.* 2013), existiendo grandes bancos de arena antes de la E2.

4.3 Concentración de microplástico en muestras de sedimento

Según el análisis de las 90 muestras extraídas del sedimento de los 3 ríos de la ciudad de Aucayacu se observó en el microscopio la presencia de MP's en la mayoría de los filtros.

Se observa el incremento de las concentraciones de microplástico en variación a los tratamientos (T1, T2 y T3) desde la temporada de lluvia mes de Febrero, intermedia – mes de Abril a seca mes de junio en las diferentes estaciones de muestreo, siendo de mayor concentración la E2 la perteneciente a la zona de baja del río Huallaga, seguido por la E6 perteneciente la zona baja del río Aucayacu; en menor concentración fueron las estaciones de muestreo E3 y E5 perteneciente a las zonas altas de los ríos Sangapilla y Aucayacu sucesivamente, no obstante, son zonas lejanas de la zona urbana.

Tal como se observa en la tabla 5 se puede diferenciar que los promedios de concentraciones de microplástico en muestras de agua no varía en referencia al tipo de tratamiento, es decir no existe diferencia estadística de las concentraciones realizadas en las repeticiones de muestras de agua en la E1, así mismo para las estaciones E2, E3, E4, E5, y E6; pero existe diferencia estadística significativa entre los promedios evaluados para cada río mediante la prueba de Tukey. Ver anexo G

También se puede apreciar que los microplásticos encontrados en muestras de sedimento del mismo río con respecto al tratamiento son diferentes estadísticamente donde se rechaza la hipótesis nula y ningún grupo de medias tiene letras en común todas las medias tienen diferencias significativas, es decir existe diferencia entre concentraciones realizadas en las repeticiones de muestras de suelo en el río Huallaga con respecto a la E1 y E2 así mismo para las estaciones E3 y E4 pertenecientes al río Sangapilla, E5 y E6 perteneciente al río Aucayacu.

Tabla 7. Concentración de microplástico en diferentes tratamientos para muestras de suelo

Rios	Estaciones de muestreo	T1- febrero - Época de lluvia	T2-abril -Época intermedia	T3-junio - Época seca
		Concentración (Unid/L)	Concentración (Unid/L)	Concentración (Unid/L)
Huallaga	E1	39 ^A	40 ^A	42 ^A
	E2	67 ^B	68 ^B	69 ^B
Sangapilla	E3	7 ^C	8 ^C	8 ^C
	E4	43 ^D	44 ^D	43 ^D
Aucayacu	E5	5 ^E	7 ^E	7 ^E
	E6	51 ^F	52 ^E	57 ^E

Los valores representan el promedio \pm Desv.Est.. Las Letras (A-F), representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluados para cada estación mediante la prueba de Tukey. Ver anexo E

Según ENGLER(2012), La composición química de los microplásticos va a influir de manera muy significativa en el lugar de deposición de los mismos, es decir, la densidad del microplástico es proporcional a la distancia transportada por corrientes superficiales desde su punto de vertido. Siendo la zona bentónica un sumidero de microplástico (HOELLEIN, *et al.*, 2017) a diferencia del agua superficial reforzando nuestra investigación, donde se encontró mayor cantidad de microplásticos en muestras de sedimento de la E2.

4.4 Aporte de contaminantes por microplásticos en la ciudad de Aucayacu

La cantidad total de microplástico encontrados y analizados en muestras de agua fue 3869 unidades en las muestras de agua, en las estaciones de muestreo (E1, E2, E3, E4, E5, E6) y se tuvo como resultado en la estación E1 un total de 988 unidades de MP's que representan un 25.5%, E2 un total de 632 unidades de MP's que representan un 16.3%, E3 un total de 165 unidades de MP's que representan un total de 4.3%, E4 un total de 788 unidades de MP's que representan un total de 20.4%, E5 un total de 144 unidades de MP's que representan un total de 3.7% y E6 un total de 1152 unidades de MP's que representan un total de 29.8%, siendo este último el mayor de todos como se muestra en a figura 19.

Para las muestras de sedimentos la cantidad total de microplástico encontrados y analizados en todo el estudio fue 3285 unidades, en las estaciones de muestreo (E1, E2, E3,

E4, E5, E6) y se tuvo como resultado en la E1 un total de 606 unidades MP's que representan un 18.4%, E2 un total de 1022 unidades de MP's que representan un 31.1%, E3 un total de 114 unidades de MP's que representan un total de 3.5%, E4 un total de 646 unidades de MP's que representan un total de 19.7%, E5 un total de 94 unidades de MP's que representan un total de 2.9% y E6 un total de 803 unidades de MP's que representan un total de 24.4%, siendo E2 el mayor de todos como se muestra en la figura 20

Tabla 8. Aporte de contaminación por microplastico en los 3 rios de Aucayacu

Rio	MP's entrada	MP's salida	Aporte
RIO HUALLAGA	1594	1654	60
RIO SANGAPILLA	279	1434	1155
RIO AUCAYACU	238	1955	1717

El aporte del rio Huallaga es bajo, puede ser debido al gran banco de arena que se encuentra entre la E6 y la E2, siendo los bancos de arena sumideros de microplásticos (HOELLEIN, *et al.*, 2017). Los ríos próximos a las zonas urbanas concentran mayor número de microplastico y el número asciende en el punto de descarga de los afluentes de aguas residuales (Dris *et al.*, 2015)

La importancia de la presencia de presencia de microplastico con tamaño mayores a 53 μm y menores a 63 μm radica en su peligrosidad de entrar a la cadena alimenticia por medio del fitoplancton, zooplancton y estos sucesivamente a seres vivos de mayor tamaño por ingesta (IIAP, 2020), llegando así al ser humano.

Ninguna normativa nacional internacional sobre la calidad de agua de consumo humano, incluyendo las indicaciones de la OMS, contempla la necesidad de controlar microplásticos en aguas, por lo que con los datos disponibles se concluye que el consumo de agua de grifo es totalmente seguro para el ser humano. (Marin *et al.* 2019).

En las figuras 19 y 20 se pueden apreciar el porcentaje de microplastico ingresante por estaciones indicando el ingreso y salida de este material.

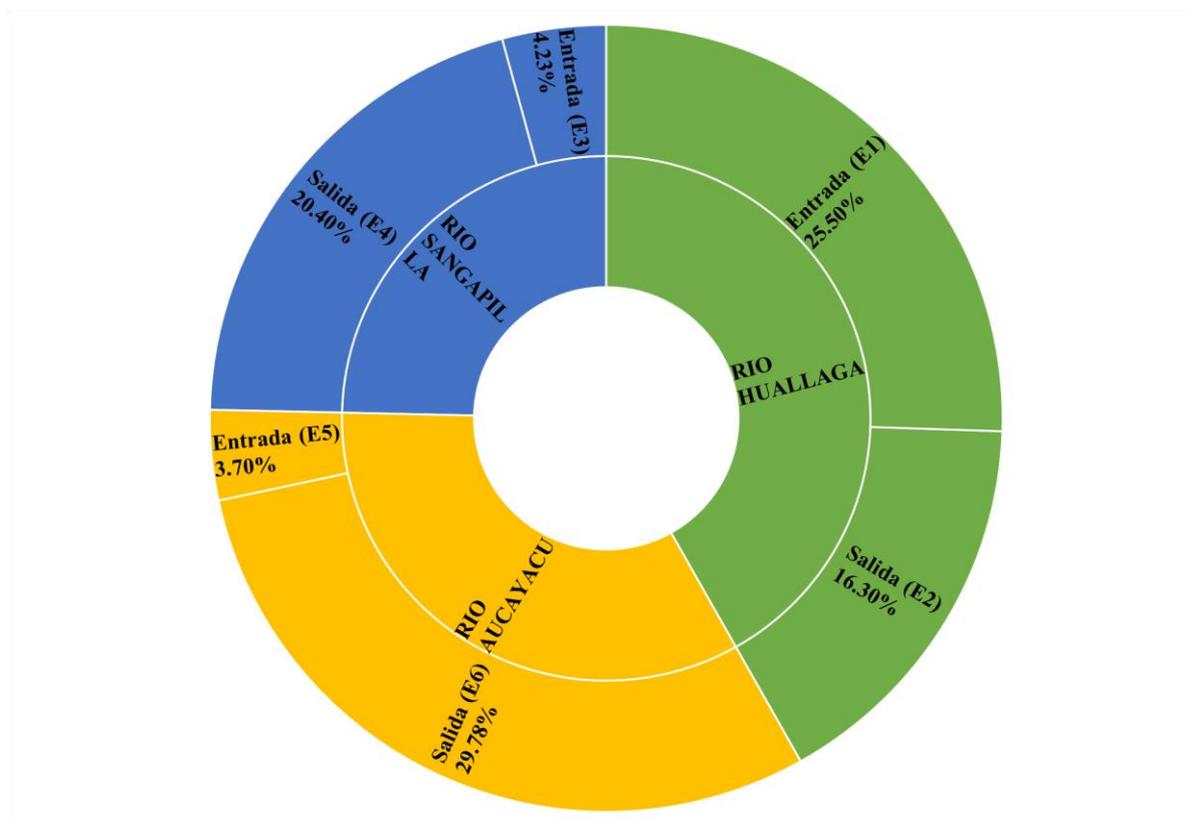


Figura 21. Porcentaje de microplásticos por puntos de monitoreo en muestra de agua

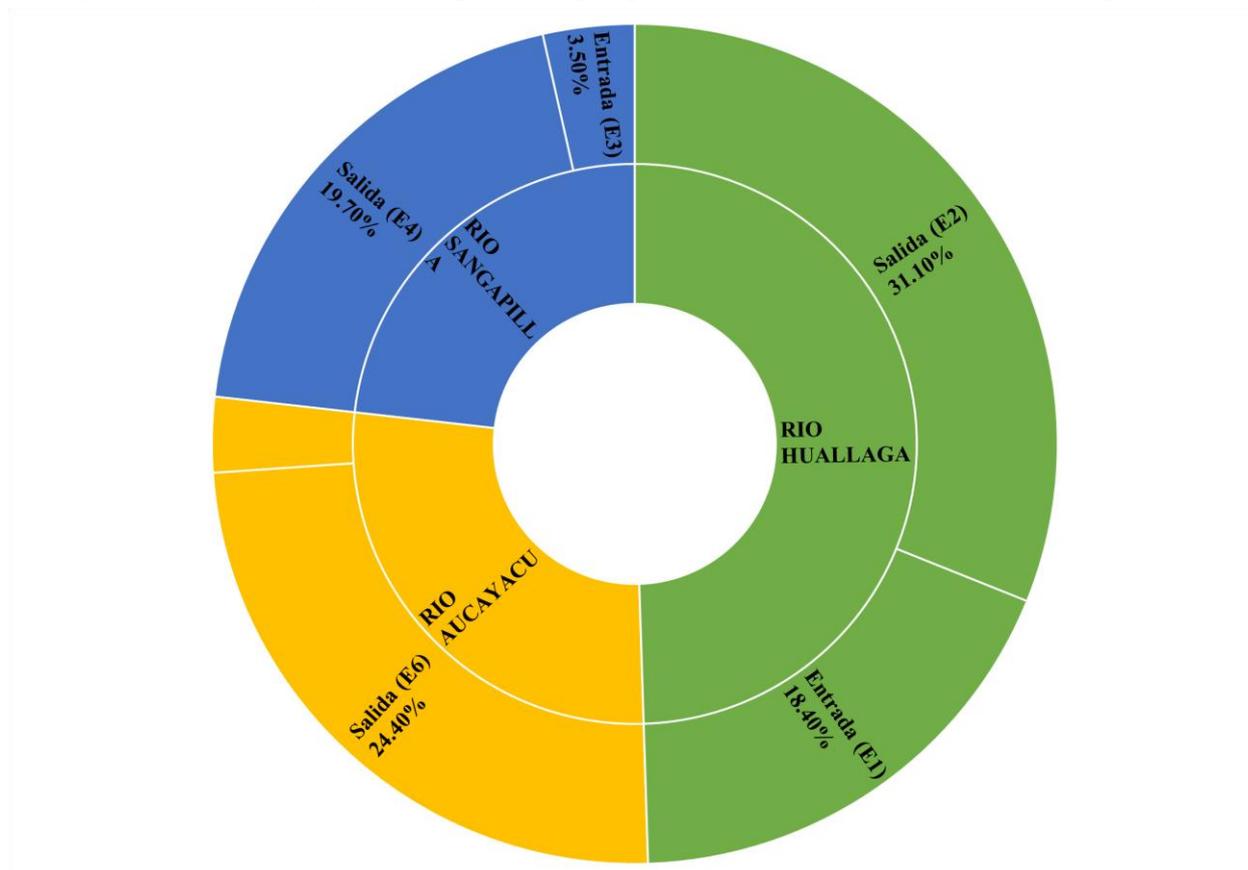


Figura 22. Porcentaje de microplásticos por puntos de monitoreo en muestra de suelos

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que las unidades de microplásticos en el agua y sedimento fueron PEAD, OTRO, PEBD y PP.
2. Se determinó que las concentraciones más altas de microplástico en el agua están en las estaciones E6 y E1.
3. Se determinó que las concentraciones más altas de microplástico en el agua están en las estaciones E2 y E6.
4. Se determinó que el aporte de contaminación por microplástico más alta en el agua y sedimento es el Rio Aucayacu.
5. Se determinó que si hay presencia de microplástico en el Rio Huallaga, Sangapilla y Aucayacu.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Se recomienda realizar investigación comparando diversos métodos de extracción microplástico usando sus características físicas químicas como densidad, tamaño, etc.

La recomendación que sigue después con esta investigación es un monitoreo de microplástico constante evaluando todos los aspectos como el transporte por aire, agua sedimento y material biológico (organismos vivos) al mismo tiempo.

Se podría realizar comparaciones de concentraciones de microplástico por zonas urbanas en el río Huallaga o zonas con diferentes niveles de impacto de residuos sólidos en toda la provincia de Leoncio Prado, lo cual lograría aproximar el aporte contaminante por distrito o provincia

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Andrady, A. 2003. An environmental primer. In *Plastics and the environment* (ed. A. Andrady), pp. 3–76. Hoboken, NJ: Wiley Interscience.
- Andrady, A. 2011. Microplastics en el medio marino. *Boletín de contaminación marina*, 62 (8):1596 – 1605. [En línea]: ELSEVIER (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>, journals, 1 nov. 2019).
- Bouwman, H., Evans, S.W., Cole, N., Choong Kwet Yive, N.S., Kylin, H. 2016. The flip-orflop boutique: marine debris on the shores of St Brandon's rock, an isolated tropical atoll in the Indian Ocean. *Mar. Environ. Res.* 114, 58–64.
- 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. [En línea]: *Marine Pollution Bulletin*, (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055>, Rev. Investigación, 10 dic. 2017)
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE – CPIS. 2005. Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida Manual I: Teoría Tomo II. 2 (7): 1 – 58.
- Crawford, C., Quinn, B., (2017). Microplastic Pollutants; Microplastic Identification Tecniques. *Environmental Science & Technology* 10: 219-267
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E. 2013. Microplastic ingestión by zooplankton. *Environmental Science & Technology* 47 (12): 6646–6655. [En línea]: *Science & Technology* (<http://dx.doi.org/10.1021/es400663f>, journals, 15 nov. 2019).
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Tamara S. Galloway S. T. .2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 62(12):2588-2597. [En línea]: Elsevier (<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>, journals, 15 nov. 2019).
- Cabrera, D. 2018. Determinación de la presencia de microplásticos en playas Tenerife. Universidad. Tesis de pre grado, Universidad de La Laguna. Pg. 45.
- Carpenter, E. J., Smith, K.L. 1972. Plastic on the Sargasso Sea surface. *Science*, Vol. 175, pág. 1240 – 1241. [En línea]: *Science* (http://www.fao.org/fileadmin/templates/library/pdf/Science_vol_178-175.pdf, Documentos, 13 de Nov. 2019).

- Castañeta, G., Gutiérrez, A., Nacaratte, F., Manzano, C. 2020. Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. Universidad Mayor de San Andrés. Revista Boliviana de Química, vol. 37, núm. 3, pp. 160-175, 2020 [En línea]:Redalyc(<https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/>, doc., 01ene 2022).
- Hernández, E., Damian, D., (2018). Evaluación de microplástico en sedimento del río Tecate. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Baja California, México. Repositorio institucional.<https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/5125/1/TIJ129572.pdf>
- DIGESA (2015). Protocolo de procedimientos de para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para el consumo. [En línea]:DIGESA(http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RD_160_2015_DIGESA.pdf, Normas legales, 17 de Ene. 2020).
- Dris R., Gasperi J., Rocher V., Saad M., Renault N., Tassin B. 2015. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. Environmental Chemistry 12 (5) 592-599. [En Línea]: CSIRO 1996 -2019, (<https://doi.org/10.1071/EN14167>, journals, 29 oct. 2019).
- Derraik, G. J. 2002. La contaminación del medio marino por desechos plásticos: una revisión. Boletín de contaminación marina. 44: 842 – 852. [En Línea]: ELSEVIER, ([https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5), Book and journals, 30 oct. 2019).
- Donoso, J. (2018). Cuantificación de la presencia de microplásticos en la cuenca alta del río Guayllabamba (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito.UDLA-EC-TIAM-2018-35. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9983>
- Eerkes-Medrano, D.; Thompson, R. ; Aldridge, D. 2015. Microplastics in Freshwater Systems: A Review of the Emerging Threats, Identification of Knowledge Gaps and Prioritisation of Research Needs. Water Res.75, 63–82.
- Eriksen M., S. Mason, S. Wilson, C. Box, A. Zellers, W. Edwards, H. Farley & S. Amato. 2013. Microplastic pollution in the Surface waters of the Laurentian Great Lakes. Marine Pollution Bulletin 77 (1–2): 177–82. [En Línea]: ELSEVIER, ([http://doi.org/10.1016/S0025326X\(02\)00220-510.1016/j.marpolbul.2013.10.007](http://doi.org/10.1016/S0025326X(02)00220-510.1016/j.marpolbul.2013.10.007) , 30 oct. 2019).
- Eriksen M., Lebreton L., Carson H., Thiel M., Moore C., Borerro J., Galgani F., Ryan P., Reisser J. 2014, La contaminación de plásticos en los océanos: más de 5 billones de

trozos de plástico, con un peso superior a las 250.000 toneladas flotan en el mar, PLoS ONE 9(12): e111913. doi:10.1371/journal.

- Engler, R.E., (2012). The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environ. Sci. Technol.* 46(22):12302 - 12315. [En Línea]: ACS Publ., (<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es3027105>, Rev. Critica, 19 Nov. 2019).
- ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 2008. Identificación de Plásticos, Laboratorio Producción. 30(17). [En Línea]: LAB. Producción ECI., (http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/1960_idplasticosr2.pdf, libro, 2008)
- Fendall, S. L., Sewell, A. M. 2009. Contribuyendo a la contaminación marina al lavarse la cara: microplástico en limpiadores faciales *Boletín de Contaminación Marina*, 58 (2009), pp. 1225 – 1228. [En Línea]: ELSEVIER, ([https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5), Book and journals, 30 oct. 2019).
- FUNDÉU BBVA., 2018. Microplástico palabra de año 2018. Madrid (España). [En línea]: FUNDÉU BBVA, (<https://www.fundeu.es/recomendacion/microplastico-palabra-del-ano-2018/>, documentos, 4 Jul. 2019).
- Galiè, F. (2016). Global market trends and investments in polyethylene and polypropylene. ICIS, Whitepaper.
- Godoy, V., Marti, L., Maria, Á., Blazquez, G. 2018. Caracterización de microplásticos presentes en productos de cuidado personal en España. *ResearchGate*. 1: 1 – 2. [En línea]: ResearchGate, (<https://www.researchgate.net/publication/341651585>, 06 Jun. 2020)
- Gregory, M. 1996. ‘depuradores’ plásticos en limpiadores de manos: una fuente adicional (y menor) de contaminación marina identificada. *Boletín de contaminación marina*. 32(12):867-871. [En línea]: ELSEVIER, ([https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(96\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00047-1), documentos, 10 Oct. 2019).
- Gómez, N. (2021). Estudio de microplástico en la columna de agua, sedimento intermareal y biota residente en la costa del estuario del río de La Plata (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires. Repositorio institucional. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/116621>
- Leslie H., Van Velzen, M., Brandsma, S., Vethaak, D., Garcia-Vallejo, J., Lamoree, M. 2022. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. [En línea]: ELSEVIER, (<https://doi.org/10.1016/j.evint.2022.107199>, journal, 24 Mar. 2022).

- Hidalgo-Ruz, V., D. Honorato, M. Gatta Y M. Thiel. 2016. Tercer muestreo nacional de basura en playas de Chile 2016 y resultados comparativos con campañas 2008-2012.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R., Thiel M. 2013. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. ACS publications. 46: 3060–3075
- Hoellin, T. McCormick, A. Hittie, J. London, M. Scott, J. Kelly, J. 2017. Patrones longitudinales de concentración microplástica y ensamblajes bacterianos en hábitats superficiales y bentónicos de un río urbano. *Freshwater Science*. 36(3):000-000. [En línea]: *Freshwater Science*, (<https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/693012>, Doc., 07 Ago. 2019).
- Horton, A. A.; Walton, A.; Spurgeon, D. J.; Lahive, E.; Svendsen, C. 2017. Science of the Total Environment Microplastics in Freshwater and Terrestrial Environments : Evaluating the Current Understanding to Identify the Knowledge Gaps and Future Research Priorities. *Sci. Total Environ* 586, 127–141.
- Huanaco, R. 2019. Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del Río Rímac. [Tesis magister, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Alicia. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19416>
- INEI. 2018. Directorio nacional de municipalidades Provinciales, distritales y centros poblados. 274: 1 – 590. [En línea]: INEI, (https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1514/, Doc. digital, 07 Feb. 2019).
- IGEMMET (Instituto geológico, minero y metalurgico). 2016. Mapa Geológico. Lima, Perú [En línea]: IGEMMET, (<http://www.ingemmet.gob.pe/bases-de-datos>, mapa, 29 de dic. 2019)
- IIAP (Instituto De Investigación De La Amazonia Peruana). 2006. Tipos de ambientes acuáticos de la amazonia peruana. *Folia amazónica*, s.l. 15 (1 - 2): 131-140.
- IIAP (Instituto De Investigación De La Amazonia Peruana). 2020. Primer registro de ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos, Amazonía peruana. *Folia amazónica*, s.l. 29 (2) 2020. 179-188. [En línea]: INEI,, DOI:(<https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.521>, 18 de Di. 2020)
- INSTITUTO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS Y SOCIALES. 2018. Fabricación de producto plásticos. IEES-SIN. Lima, Perú. Reporte sectorial N° 2. 2 p.

- INVEMAR – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2017. Protocolo de muestreo y análisis de microplástico en aguas marinas superficiales, sedimentos de playas y tracto digestivo de peces. Componente 5: Diagnóstico de Microplástico en zonas costeras de Colombia, Resolución 646 MinAmbiente. Santa Marta. 21p.
- Iñiguez, M. E.; Conesa, J. A.; Fullana, A. Microplastics in Spanish Table Salt. *Sci. Rep.* 2017, 7 (1), 8620.
- JAMBECK, J., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T., PERRYMAN, M., ANDRADY, A.; NARAYAN, R. Y LAW, K. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Marine Pollution* 347: 768-771.
- Kovač, M., A. Palatinus, Š. Koren, M. Peterlin, P. Horvat Y A. Kržan. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *J. Vis. Exp.* (118), e55161, doi:10.3791/55161.
- Manrique, R. (2019). Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú. Tesis Posgrado. PUPC
- Marín, R., Rosado A., Paraira, M., Carranza, I., Jiménez, J., Pérez-Baroja, I., Parra, M., Borrego, M., Pérez, R., Lacorte, S. 2019. Microplásticos en aguas: presencia, investigación y potencial incidencia sanitaria sobre el ser humano. *TecnoAqua*, Biscay-España. 1(36) 76-86.
- 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 NOS-OR&R-48. Pg. 39
- MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE CRESPO Y CASTILLO. (2008). Plan de desarrollo concertado de José Crespo y Castillo al 2015. Aucayacu, Leoncio Prado, Perú. Pág. 105
- MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE CRESPO Y CASTILLO. (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales. Aucayacu, Leoncio Prado, Perú. Pág. 101
- MINAM. (2012). Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales Gestión 2010 - 2011. Perú – Lima. Pg. 64
- MINAM. (2014). Guía para el muestreo de suelo. Dirección general de calidad ambiental. Perú – Lima. Pg. 64

- MINAM (2019). “Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales – meta 3”. Perú – Lima. Pg. 217 [En línea]: MINAM, (https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/municipalidades_pmm_pi/meta_3A_2019_implementar_SI.pdf, doc. digital, 12 Dic. 2019)
- Moos, N., Burkhardt-Holm P., Köhler A. 2012. Uptake and Effects of Microplastics on Cells and Tissue of the Blue Mussel *Mytilus edulis* L. after an Experimental Exposure. *Environmental Science & Technology* 46: 11327–11335.
- Moore, C., 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long term threat. *Environmental Research* 108: 131–139.
- PLASTPERÚ DIGITAL NEWS. 2016. Mercado Plástico Peruano: Mucho espacio para crecer. Lima, Perú. Edic. 6.
- PLASTICSEUROPE. 2012. *Plastics the Facts 2012: an Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste*. Bruselas – Belgica. 2012 PlasticsEurope. Pg 40
- Pilling D. 2019. El PIB y su grave error de cálculo. Edit. EL PAÍS. Madrid; 02. 03. [En línea]: El País, (https://elpais.com/elpais/2019/02/01/ideas/1549019762_629559.html, Ideas, 13 nov. 2019).
- Retama, I. 2016. Evaluación ambiental de las playas de Huatulco, Oaxaca, México. Dc. Med. Amb. Des. Huatulco, Oaxaca, México. Instituto Politécnico Nacional. 233 p.
- Sánchez, J. (2018). Plásticos y microplásticos en agua, un problema mundial que afecta nuestros sistemas acuáticos. Neiva- Colombia. *Ingeniería Y Región* vol.19. [En línea]: *Ingeniería Y Región*, (<https://doi.org/10.25054/22161325.2027>, Journals, 31 de oct. 2019).
- SENAMHI. (s.d.). Mapa climático del Perú. Lima - Peru [En línea]: SENAMHI, (<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>, Clima, 09 de ene. 2020).
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., Mcgonigle, D., Russell, A. E. 2004. Perdidos en el mar: ¿dónde está todo el plástico? *BREVIA*, pág. 838. [En línea]: *Ingeniería Y Región*, (http://deploy.extras.ufg.br/projetos/adrimelo/ecossistemas/Science_2004_degradacao_plastico.pdf, Journals, 1 Nov. 2019).
- Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B., Van Franeker, J., Eriksen, M., Siegel, D., Galgani, F. & Law, K., 2015. Inventario mundial de pequeños residuos de plástico flotantes. *Environmental Research Letters* 10, 124006.

- Vidal, C., Alarcón, J., Gasca, D., 2013. Identificación de plásticos. Escuela de Ingeniería de materiales. Universidad del Valle. Pg. 1-10
- Wang W., Wairimu A., Li Z., Wang J. 2017. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Science of The Total Environment*; Vol. 575, pág. 1369-1374. [En línea]: Elsevier BV, (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.213>, Journals, 11 de Nov. 2019)
- Welle, F.; Franz, R. 2018. Microplastic in Bottled Natural Mineral Water – Literature Review and Considerations on Exposure and Risk Assessment. *Food Addit. Contam. Part A*. 35 (12), 2482–2492.
- Wright, S.; Thompson, R. And Galloway, T. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*. 178:483-492. [En línea]: Elsevier BV, (<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>, Journals & Books, 18 de nov. 2019)
- Yang, D.; Shi, H.; Li, L.; Li, J.; Jabeen, K.; Kolandhasamy, P. 2015. Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environ. Sci. Technol.*. 49 (22), 13622–13627.
- Zitko, V., Hanlon, M. 1991. Otra fuente de contaminación por plásticos: limpiadores de la piel con depuradores de plástico. *Boletín de contaminación marina*. 22, págs. 41 – 42.
- Zhang, K., Shi, H., Peng, J., Wang, Y., Xiong, X., Wu, C., Lam, P., 2018. Microplastic Pollution in China's Inland Water Systems: A Review of Findings, Methods, Characteristics, Effects, and Management. *Sci. Total Environ.*, 630, 1641–1653.

ANEXO

Apéndice 1. Resultados

Anexo A. Análisis de las muestras de agua

ESTACION DEL AÑO	ESTE	OESTE	ALTITUD	PUNTO DE MONITOREO	T°	PH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	US/CM	HORARIO
T1 - FEBRERO - LLUVIA	377403.88	9011030.12	564	E1	24.3	7.8	190	90	11:45
	376060.74	9014227.31	556	E2	22.6	7.89	170	87	10:22
	381427.21	9010909.36	614	E3	31.2	8.74	186	92	11:15
	377173.19	9011820.6	563	E4	27.7	7.89	175	87	12:05
	380393.8	9014631.18	584	E5	26.8	8.41	291	145	10:40
	376598.32	9012901.21	555	E6	29.9	8.36	210	110	12:20
T2 - ABRIL - SEMI LLUVIA	377403.88	9011030.12	564	E1	26.4	6.8	344	166	11:45
	376060.74	9014227.31	556	E2	20.4	7.5	209	104	10:22
	381427.21	9010909.36	614	E3	21.2	7.15	234	121	11:15
	377173.19	9011820.6	563	E4	25.3	7.6	198	97	12:05
	380393.8	9014631.18	584	E5	20.2	7.7	311	154	10:40
	376598.32	9012901.21	555	E6	22.3	7.95	306	150	12:20
T3 - JULIO - LLUVIA	377403.88	9011030.12	564	E1	26.3	7.4	236	113	11:45
	376060.74	9014227.31	556	E2	22	7.7	221	32	10:22
	381427.21	9010909.36	614	E3	25.1	7.71	191	96	11:15
	377173.19	9011820.6	563	E4	25.8	7.5	156	78	12:05
	380393.8	9014631.18	584	E5	22.6	8	338	174	10:40
	376598.32	9012901.21	555	E6	24.9	8	342	171	12:20

Anexo B. Datos de identificación de polímeros en muestras de agua.

ESTACIÓN DEL AÑO	PUNTO DE MONITOREO	R1				R2				R3				R4				R5			
		HD PE	LD PE	PP	OT RO	HD PE	LD PE	PP	OT RO	HD PE	LD PE	PP	OT RO	HD PE	LD PE	PP	OT RO	HD PE	LD PE	PP	OT RO
T1 - FEBRERO - LLUVIA	E1	8	2	0	18	14	15	2	18	11	7	2	17	16	9	3	24	6	6	5	14
	E2	21	4	9	38	11	11	3	42	7	5	1	25	17	10	2	50	7	12	4	58
	E3	1	0	0	3	3	1	0	5	3	1	0	4	3	1	1	6	2	0	0	4
	E4	5	4	1	16	14	12	3	33	11	4	3	30	9	4	2	22	12	10	3	16
	E5	0	0	0	2	2	0	0	3	1	0	0	3	2	2	0	6	1	0	0	2
	E6	13	7	3	22	14	10	4	24	21	16	2	35	7	4	3	24	11	9	3	25
T2 - ABRIL - SEMI LLUVIA	E1	9	5	2	22	12	7	3	23	5	2	1	13	18	7	3	36	5	4	3	21
	E2	21	17	8	30	26	17	6	19	32	11	9	37	8	10	5	18	24	8	5	30
	E3	1	0	0	2	5	2	0	8	1	2	0	2	2	0	0	5	2	1	0	7
	E4	9	7	2	11	18	9	2	16	18	13	5	27	9	7	7	14	9	9	3	23
	E5	1	0	0	4	1	1	0	8	0	0	0	4	2	1	1	4	2	0	0	2
	E6	24	11	3	13	17	8	2	19	17	11	4	25	26	12	3	24	19	8	3	13
T3-JUNIO - SECA	E1	15	13	4	24	13	9	3	18	13	14	2	21	10	5	3	7	9	7	2	16
	E2	13	5	2	23	13	12	4	40	18	13	4	39	23	12	4	49	22	6	3	39
	E3	2	2	0	6	2	0	0	3	1	0	0	3	2	2	0	11	2	0	0	4
	E4	9	6	5	37	13	15	1	40	8	5	1	18	5	1	2	13	7	3	5	20
	E5	0	0	0	4	4	1	0	5	2	1	0	9	2	0	0	4	2	0	0	3
	E6	11	7	3	27	14	12	4	43	8	6	3	24	15	11	2	31	15	9	5	34

Anexo C. Datos de identificación de polímeros en muestras de suelo.

ESTACIÓN DEL AÑO	PUNTO DE MONITORE O	R1				R2				R3				R4				R5			
		HD PE	LD PE	PP	OT RO																
T1 - FEBRERO - LLUVIA	E1	11	9	0	8	18	15	2	14	14	10	2	11	18	15	3	16	11	9	5	6
	E2	26	16	9	21	23	18	7	19	15	12	1	10	28	21	8		0	17	6	28
	E3	2	1	0	1	5	1	0	2	4	1	0	2	6	1	1	3	4	1	0	1
	E4	15	4	1	6	33	12	3	14	20	11	3	14	14	12	2	9	14	12	5	10
	E5	0	0	0	2	2	0	0	3	1	0	0	3	2	2	0	6	1	0	0	2
	E6	22	7	3	13	24	10	4	14	35	16	2	21	15	4	3	16	19	9	3	17
T2 - ABRIL - SEMI LLUVIA	E1	14	7	4	13	23	7	3	12	11	2	1	7	35	7	3	19	18	4	3	8
	E2	27	17	11	21	26	17	6	19	40	19	9	21	8	10	5	18	24	8	5	30
	E3	1	0	0	2	8	2	0	3	1	2	0	2	4	1	0	2	5	2	0	3
	E4	11	7	2	9	18	9	2	16	27	13	5	18	13	7	7	10	23	9	3	9
	E5	3	0	0	2	6	2	1	3	1	1	1	1	3	2	1	2	2	0	0	2
	E6	24	11	3	13	16	8	7	15	25	11	4	17	23	12	9	21	16	8	6	13
T3-JUNIO - SECA	E1	24	13	4	15	18	9	3	13	21	14	2	13	10	5	3	7	14	7	2	11
	E2	23	5	2	13	25	12	6	26	34	13	8	19	38	18	9	23	26	15	7	22
	E3	2	2	0	6	2	0	0	3	1	0	0	3	2	2	0	11	2	0	0	4
	E4	9	6	5	37	26	15	7	21	14	7	1	10	7	7	2	5	13	7	5	10
	E5	2	1	0	1	5	2	0	3	6	3	0	3	2	1	0	3	2	1	0	2
	E6	18	14	3	13	33	16	5	19	15	9	3	14	23	17	3	16	24	19	5	15

Anexo E. Análisis de varianza en muestras de agua para las estaciones E1, E2, E3, E4, E5 y E6 mediante el programa Minitab

Nueva tabla_1 : 10/04/2022 - 02:32:07 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
E1	15	0.37	0.26	22.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1514.53	2	757.27	3.49	0.0637
TRAT	1514.53	2	757.27	3.49	0.0637
Error	2601.20	12	216.77		
Total	4115.73	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=24.84219

Error: 216.7667 gl: 12

TRAT Medias n E.E.

T3	78.40	5	6.58	A
T2	65.40	5	6.58	A
T1	53.80	5	6.58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Nueva tabla_1 : 10/04/2022 - 02:34:04 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
E2	15	0.11	0.00	37.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	384.53	2	192.27	0.78	0.4814
TRAT	384.53	2	192.27	0.78	0.4814
Error	2967.20	12	247.27		
Total	3351.73	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=26.53239

Error: 247.2667 gl: 12

TRAT Medias n E.E.

T3	49.20	5	7.03	A
T2	39.60	5	7.03	A
T1	37.60	5	7.03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Nueva tabla_1 : 10/04/2022 - 02:35:13 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
E3	15	0.06	0.00	41.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.20	2	8.60	0.41	0.6696
TRAT	17.20	2	8.60	0.41	0.6696
Error	248.80	12	20.73		
Total	266.00	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.68295

Error: 20.7333 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.
T3	12.20	5	2.04 A
T2	11.20	5	2.04 A
T1	9.60	5	2.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Nueva tabla_1 : 10/04/2022 - 02:36:48 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
E4	15	0.04	0.00	25.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	93.73	2	46.87	0.27	0.7714
TRAT	93.73	2	46.87	0.27	0.7714
Error	2120.00	12	176.67		
Total	2213.73	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=22.42699

Error: 176.6667 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.
T3	54.40	5	5.94 A
T2	54.20	5	5.94 A
T1	49.00	5	5.94 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Nueva tabla_1 : 10/04/2022 - 02:37:58 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
E5	15	0.05	0.00	38.88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.40	2	4.20	0.30	0.7452
TRAT	8.40	2	4.20	0.30	0.7452
Error	167.20	12	13.93		
Total	175.60	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.29827

Error: 13.9333 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.	
T3	10.40	5	1.67	A
T2	9.80	5	1.67	A
T1	8.60	5	1.67	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Nueva tabla_1 : 10/04/2022 - 02:39:04 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
E6	15	0.08	0.00	33.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	692.40	2	346.20	0.52	0.6066
TRAT	692.40	2	346.20	0.52	0.6066
Error	7968.00	12	664.00		
Total	8660.40	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=43.47881

Error: 664.0000 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.	
T3	83.80	5	11.52	A
T2	79.00	5	11.52	A
T1	67.60	5	11.52	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo F. Análisis de y prueba de Tukey en muestras de agua para las estaciones E1y E2 del rio Huallaga; E3 y E4 del rio Sangapilla; E5 y E6 del rio Aucayacu en el programa Minitab

- rio Huallaga (E1y E2)

Nueva tabla_3 : 10/04/2022 - 03:42:29 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PLAS	30	0.52	0.42	28.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6123.60	5	1224.72	5.28	0.0021
MES	1671.80	2	835.90	3.60	0.0428
ANT	4224.53	1	4224.53	18.21	0.0003
MES*ANT	227.27	2	113.63	0.49	0.6188
Error	5568.40	24	232.02		
Total	11692.00	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.01152

Error: 232.0167 gl: 24

MES	Medias	n	E.E.	
JU	63.80	10	4.82	A
ABRI	52.50	10	4.82	A B
FEB	45.70	10	4.82	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.47935

Error: 232.0167 gl: 24

ANT	Medias	n	E.E.	
A1	65.87	15	3.93	A
B1	42.13	15	3.93	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=29.78649

Error: 232.0167 gl: 24

MES	ANT	Medias	n	E.E.	
JU	A1	78.40	5	6.81	A
ABRI	A1	65.40	5	6.81	A B
FEB	A1	53.80	5	6.81	A B
JU	B1	49.20	5	6.81	A B
ABRI	B1	39.60	5	6.81	B
FEB	B1	37.60	5	6.81	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

- Rio Sangapilla (E3y E4)

Nueva tabla_4 : 10/04/2022 - 03:55:49 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PLAS	30	0.85	0.81	31.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13048.57	5	2609.71	26.44	<0.0001
MES	93.07	2	46.53	0.47	0.6297
ANT	12937.63	1	12937.63	131.08	<0.0001
MES*ANT	17.87	2	8.93	0.09	0.9138
Error	2368.80	24	98.70		
Total	15417.37	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.09538

Error: 98.7000 gl: 24

MES	Medias	n	E.E.	
JU	33.30	10	3.14	A
ABRI	32.70	10	3.14	A
FEB	29.30	10	3.14	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.48715

Error: 98.7000 gl: 24

ANT	Medias	n	E.E.	
B1	52.53	15	2.57	A
A1	11.00	15	2.57	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=19.42757

Error: 98.7000 gl: 24

MES	ANT	Medias	n	E.E.	
JU	B1	54.40	5	4.44	A
ABRI	B1	54.20	5	4.44	A
FEB	B1	49.00	5	4.44	A
JU	A1	12.20	5	4.44	B
ABRI	A1	11.20	5	4.44	B
FEB	A1	9.60	5	4.44	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

- Rio Aucayacu (E5 y E6)

Nueva tabla_5 : 10/04/2022 - 03:57:33 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PLAS	30	0.81	0.77	42.62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34569.60	5	6913.92	20.40	<0.0001
MES	426.60	2	213.30	0.63	0.5415
ANT	33868.80	1	33868.80	99.92	<0.0001
MES*ANT	274.20	2	137.10	0.40	0.6718
Error	8135.20	24	338.97		
Total	42704.80	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=20.56184

Error: 338.9667 gl: 24

MES	Medias	n	E.E.
JU	47.10	10	5.82 A
ABRI	44.40	10	5.82 A
FEB	38.10	10	5.82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.87510

Error: 338.9667 gl: 24

ANT	Medias	n	E.E.
B1	76.80	15	4.75 A
A1	9.60	15	4.75 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=36.00297

Error: 338.9667 gl: 24

MES	ANT	Medias	n	E.E.
JU	B1	83.80	5	8.23 A
ABRI	B1	79.00	5	8.23 A
FEB	B1	67.60	5	8.23 A
JU	A1	10.40	5	8.23 B
ABRI	A1	9.80	5	8.23 B
FEB	A1	8.60	5	8.23 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo G. Análisis de varianza y prueba de Tukey en muestras de suelo para las estaciones E1 y E2 del río Huallaga; E3 y E4 del río Sangapilla; E5 y E6 del río Aucayacu en el programa Minitab

- Río Huallaga (E5 y E6)

Nueva tabla_7 : 10/04/2022 - 04:19:40 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PLAS	30	0.51	0.41	28.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5785.87	5	1157.17	4.97	0.0029
MES	16.27	2	8.13	0.03	0.9657
ANT	5768.53	1	5768.53	24.78	<0.0001
MES*ANT	1.07	2	0.53	2.3E-03	0.9977
Error	5588.00	24	232.83		
Total	11373.87	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=17.04143

Error: 232.8333 gl: 24

MES Medias n E.E.

JU 55.20 10 4.83 A

ABRI 54.20 10 4.83 A

FEB 53.40 10 4.83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=11.49953

Error: 232.8333 gl: 24

ANT Medias n E.E.

B1 68.13 15 3.94 A

A1 40.40 15 3.94 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=29.83887

Error: 232.8333 gl: 24

MES ANT Medias n E.E.

JU B1 68.80 5 6.82 A

ABRI B1 68.20 5 6.82 A

FEB B1 67.40 5 6.82 A

JU A1 41.60 5 6.82 A

ABRI A1 40.20 5 6.82 A

FEB A1 39.40 5 6.82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

- Rio Sangapilla (E3 y E4)

Nueva tabla_8 : 10/04/2022 - 04:21:23 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PLAS	30	0.75	0.70	44.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9437.87	5	1887.57	14.79	<0.0001
MES	1.87	2	0.93	0.01	0.9927
ANT	9434.13	1	9434.13	73.93	<0.0001
MES*ANT	1.87	2	0.93	0.01	0.9927
Error	3062.80	24	127.62		
Total	12500.67	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=12.61645

Error: 127.6167 gl: 24

MES	Medias	n	E.E.
ABRI	25.60	10	3.57 A
JU	25.40	10	3.57 A
FEB	25.00	10	3.57 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.51356

Error: 127.6167 gl: 24

ANT	Medias	n	E.E.
B1	43.07	15	2.92 A
A1	7.60	15	2.92 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=22.09090

Error: 127.6167 gl: 24

MES	ANT	Medias	n	E.E.
ABRI	B1	43.60	5	5.05 A
FEB	B1	42.80	5	5.05 A
JU	B1	42.80	5	5.05 A
JU	A1	8.00	5	5.05 B
ABRI	A1	7.60	5	5.05 B
FEB	A1	7.20	5	5.05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

- Rio Aucayacu (E5 y E6)

Nueva tabla_9 : 10/04/2022 - 04:23:10 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PLAST	30	0.90	0.88	29.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16856.30	5	3371.26	44.45	<0.0001
MES	82.40	2	41.20	0.54	0.5879
ANT	16756.03	1	16756.03	220.91	<0.0001
MES*ANT	17.87	2	8.93	0.12	0.8894
Error	1820.40	24	75.85		
Total	18676.70	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.72660

Error: 75.8500 gl: 24

MES Medias n E.E.

JU 32.10 10 2.75 A

ABRI 29.50 10 2.75 A

FEB 28.10 10 2.75 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.56350

Error: 75.8500 gl: 24

ANT Medias n E.E.

B1 53.53 15 2.25 A

A1 6.27 15 2.25 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.03090

Error: 75.8500 gl: 24

MES ANT Medias n E.E.

JU B1 56.80 5 3.89 A

ABRI B1 52.40 5 3.89 A

FEB B1 51.40 5 3.89 A

JU A1 7.40 5 3.89 B

ABRI A1 6.60 5 3.89 B

FEB A1 4.80 5 3.89 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Apéndice 2. Panel fotográfico

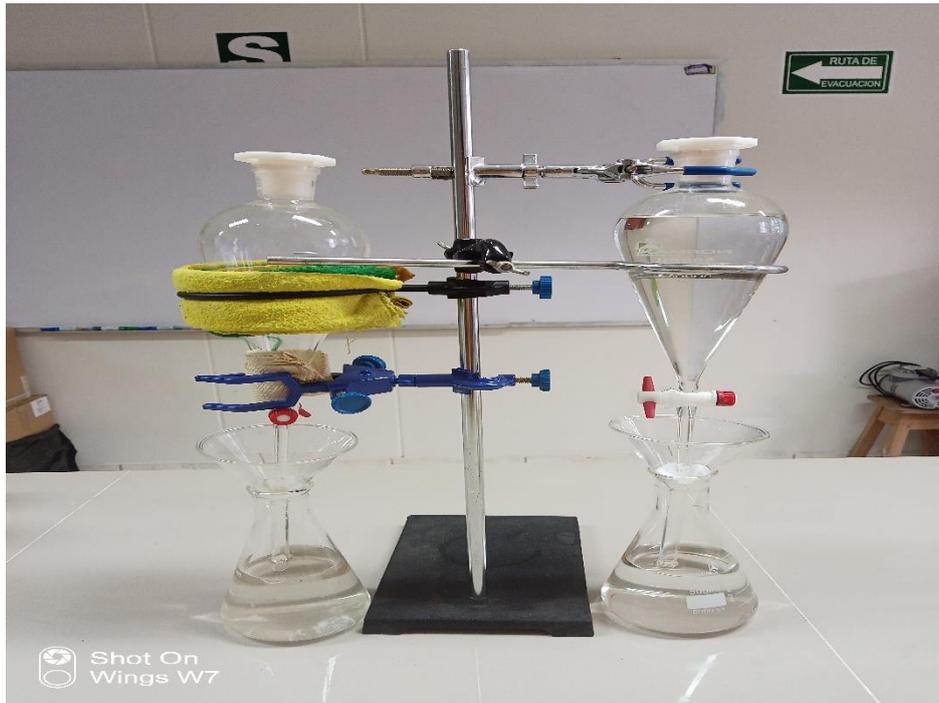
Anexo A. Medición de parámetro y recolección de muestras



Anexo B. Análisis de las muestras de agua



Anexo C. Tratamiento de las muestras de agua y suelo.



Anexo C. Separación por densidad en muestras de suelo



Anexo D. Identificación de microplásticos



Apéndice 3. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo

