



Universidad Científica del Perú - UCP

Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS
EN PLAYAS DEL RÍO NANAY, REGIÓN LORETO - 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: KARIN ROSSLY PINCHI VILLANUEVA

ASESOR: ECOL. JOSE LISBINIO CRUZ GUIMARAES M.Sc.

CO-ASESOR: BLGO. WERNER CHOTA MACUYAMA, MG.

San Juan Bautista - Maynas - Loreto - Perú

2022

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, Gloria Villanueva Paredes y Olguiser Pinchi Ruíz, por su enseñanza, apoyo, comprensión, amor incondicional y ejemplo de superación. También, se lo dedico a mis hermanos Emerson, Keller y Kendall, por ser mi soporte, y motivación en este camino.

Karin Rossly Pinchi Villanueva

AGRADECIMIENTO

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo por el soporte financiero durante mis años de estudio.

A la Universidad Científica del Perú por los años de enseñanza brindada que inspiraron el desarrollo de este proyecto.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana por brindarme el soporte tecnológico y financiero para la ejecución de la investigación.

A mi asesor; Lic. José Cruz Guimaraes, por la disponibilidad para el proceso de acompañamiento.

A mi Coasesor; Mg. Werner Chota Macuyama por su tiempo, conocimiento y por brindarme la confianza para integrarme en el proyecto de investigación.

A mis compañeros del Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana por su apoyo.

A todas aquellas personas que formaron parte del proceso del estudio mis más sinceros agradecimientos.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS EN PLAYAS DEL RÍO
NANAY, REGIÓN LORETO - 2021"**

De los alumnos: **KARIN ROSSLY PINCHI VILLANUEVA**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **11% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 16 de Setiembre del 2022.

Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

CIRA/H-a
419-2022

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 495-2021-UCP-FCEI del 03 de agosto del 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---|------------|
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Dra. | Presidente |
| • Blga. Rosana Gonzales Arzubialdes, M.Sc | Miembro |
| • Blga. Marjorie Raquel Donayre Ramírez, Dra. | Miembro |

Como Asesor: al Lic. Ecol. José Lisbinio Cruz Guimaraes, M.Sc. y al coasesor Werner Chota Macuyama, Mg.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 07:00 pm del día 30 de setiembre del 2022, de manera Virtual utilizando la plataforma ZOOM y supervisado por la Secretaria Académica del programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: "EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACION POR PLASTICOS EN PLAYAS DEL RIO NANAY, REGIÓN LORETO-2021".

Presentado por la sustentante: **KARIN ROSSLY PINCHI VILLANUEVA**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO AMBIENTAL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: *absueltas*

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión

La sustentación: *Unanimidad*

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Dra.
Presidente



Blga. Rosana Gonzales Arzubialdes, M.Sc
Miembro



Blga. Marjorie Raquel Donayre Ramirez, Dra.
Miembro

Contáctanos:

Iquitos - Perú
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe

INDICE DE CONTENIDO

Contenido	Pag.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ACTA DE APROBACIÓN	iv
INDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE CUADROS O TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS O FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPITULO I	14
MARCO TEÓRICO	14
1.1. Antecedentes de estudio	14
1.2. Bases teóricas	20
1.2.1. Marco legal	20
1.2.2. Caracterización de plásticos.....	21
1.2.3. Aspectos generales de la cuenca del Nanay	22
1.2.4. Hidrología de la cuenca del Nanay	24
1.2.5. Tipos de ambientes acuáticos de la cuenca	25
1.2.6. Formación de playas en la amazonia	26
1.2.7. Actividades extractivas que se desarrollan en la cuenca.....	27
1.3. Definición de términos básicos.....	29
CAPÍTULO II	30
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	30
2.1. Descripción del problema.....	30
2.2. Formulación del problema.....	33
2.2.1. Problema General	33
2.2.2. Problemas específicos	33
2.3. Objetivos.....	33
2.3.1. Objetivo General	33
2.3.2. Objetivos Específicos.....	33
2.4. Hipótesis.....	34
2.5. Variables	34
2.5.1. Identificación de las variables	34

2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables	34
2.5.3. Operacionalización de las variables	35
CAPÍTULO III	36
METODOLOGÍA.....	36
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	36
3.1.1. Tipo de investigación	36
3.1.2. Diseño de investigación	36
3.2. Población y Muestra	36
3.2.1. Población.....	36
3.2.2. Muestra.....	36
3.3. Técnica, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos	36
3.3.1. Técnica de Recolección de Datos	36
3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos	37
3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos	37
3.4. Procesamiento de datos y análisis estadísticos.....	42
CAPÍTULO IV	43
RESULTADOS	43
4.1. Caracterización de los contaminantes plásticos según su morfología (forma, color y tamaño).	43
4.1.1. Determinación de contaminantes plásticos de las playas del río Nanay según su forma.	43
4.1.2. Determinación de contaminantes plásticos de las playas del río Nanay según su color.....	44
4.1.3. Determinación de los estadísticos descriptivos de la variable Tamaño de contaminantes plásticos	45
4.2. Abundancia de los contaminantes plásticos en playas del río Nanay	46
CAPÍTULO V	47
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1. Discusión	47
5.2. Conclusiones.....	50
5.3. Recomendaciones.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS	63
Anexo 01: Matriz de Consistencia.....	63
Anexo 02: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo	64
Anexo 03: Instrumento de recolección de datos	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio.	35
Tabla 2. Valores de CCI para evaluar el nivel de limpieza de playas.....	42
Tabla 3. Estadística descriptiva del tamaño de los contaminantes plásticos.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la cuenca del río Nanay.....	23
Figura 2. Mapa de ubicación de los lugares de colecta.....	38
Figura 3. Transecto lineal paralelo al río Nanay.....	38
Figura 4. Punto de muestreo delimitado por el cuadrante metálico.....	39
Figura 5. Muestra de arena en frasco de vidrio.....	39
Figura 6. Identificación de posibles contaminantes plásticos.....	40
Figura 7. Caracterización de los contaminantes plásticos según su forma.....	43
Figura 8. Caracterización de los contaminantes plásticos según su color.....	44
Figura 9. Partículas de plástico encontradas en las playas del río Nanay.....	45

RESUMEN

Las partículas de plástico representan un problema global, que ha sido poco investigado en la Amazonia Peruana. Este trabajo evalúa la contaminación por plásticos en las playas Manacamiri (PM) y en la de Padrecocha (PP) ubicadas en el río Nanay al noroeste de la amazonia. Se utilizó un diseño no experimental del tipo descriptivo transversal, en donde los contaminantes fueron caracterizados morfológicamente a partir de muestras de arena seca. Los resultados muestran un total de 111 partículas de plástico en ambas playas, el 93.7% corresponde a microplásticos ($0 < 5$ mm), mientras que el 6,3% son mesoplásticos ($5 < 25$ mm). La PP y PM muestran un valor de índice de costa limpia (CCI) de 1.18 partículas/m² y 1.04 partículas/m² respectivamente, que las incluye en la clasificación de “playas muy limpias”. Los contaminantes fueron caracterizados según su forma en fragmentos y filamentos, las partículas en forma de filamento constituyen el 50.8% en la PP y el 76.9% en la PM. Respecto a los colores encontrados, el azul (33.3%) y el rojo (24.3%) fueron los más predominantes. La abundancia de contaminantes plásticos en la playa Padrecocha es de 9.8 partículas/kg mientras que en la playa Manacamiri es de 8.7 partículas/kg. Estos resultados representan el primer hallazgo de contaminantes plásticos como el microplástico en estas zonas.

Palabras claves: Amazonia peruana, microplásticos, Clean Coast Index.

ABSTRACT

Plastic particles represent a global problem, which has been little investigated in the Peruvian Amazon. This work evaluates plastic contamination in Manacamiri beach (PM) and Padrecocha beach (PP) located in the Nanay river in the northwestern Amazon. A non-experimental design of the transversal descriptive type was used, where the contaminants were morphologically characterized from dry sand samples. The results show a total of 111 plastic particles on both beaches, 93.7% correspond to microplastics ($0 < 5$ mm), while 6.3% are mesoplastics ($5 < 25$ mm). PP and PM show a clean coast index (CCI) value of 1.18 particles/m² and 1.04 particles/m² respectively, which includes them in the classification of "very clean beaches". The pollutants were characterized according to their form in fragments and filaments, the particles in filament form constitute 50.8% in the PP and 76.9% in the PM. Regarding the colors found, blue (33.3%) and red (24.3%) were the most predominant. The abundance of plastic contaminants in Padrecocha beach is 9.8 particles/kg while in Manacamiri beach it is 8.7 particles/kg. These results represent the first finding of plastic contaminants such as microplastic in these areas.

Keywords: peruvian amazon, microplastic, Clean Coast Index.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el plástico de un solo uso representa el 50 % del total de residuos plásticos (1). En el Perú se generan 19 mil TM de residuos al día, en el que Loreto representa el 3% de la generación nacional. Iquitos particularmente, tiene una generación total de 235,6 TM/día; dentro de los cuales, 176,80 kg/día (2) son residuos plásticos, que se divide en PET 75,21 kg/día, seguida de PVC con 34,26 kg/día y PEAD con 21,89 kg/día (3). Por lo que, su disposición final resulta un problema ambiental.

La contaminación por plásticos en ecosistemas marinos es el resultado, en gran parte, de la contribución de los ríos (4). Los ríos son vías de ingreso que en su recorrido también van depositando estos residuos. Asimismo, durante este proceso los residuos plásticos se van fragmentando por factores como la oxidación y la fotodegradación hasta convertirse en partículas más pequeñas como microplásticos (<5mm) (5, 6). Los estudios demuestran que a menor tamaño de la partícula plástica es más fácil que se pueda introducir en la cadena trófica, provocando efectos perjudiciales en el crecimiento, desarrollo y reproducción. (4, 7). Sin embargo, la información sobre la cantidad de microplásticos en los sistemas fluviales y su aporte a los océanos es aún desconocido por la falta de investigaciones.

El río Amazonas cumple un papel importante por su extensión, y para Latinoamérica es considerado el más contaminante (6). No obstante, en esta cuenca los estudios se han limitado a la ingestión de microplásticos en peces, en sedimentos de estuarios o cerca a grandes centros urbanos (7, 8). Debido a su bajo relieve y al volumen de descarga, algunos de los ríos amazónicos forman meandros con zonas de depósito de sedimentos donde se puede acumular microplástico. Por ejemplo, Lucas-Solis et. al. (9) informaron de una abundancia de Microplástico (MP) (2200 partículas/kg en sedimento seco) en una playa arenosa en Puerto Misahualli, Amazonia

ecuatoriana. Sin embargo, no existen datos sobre microplásticos en sedimentos o aguas superficiales en la amazonia peruana.

Es así que, como parte de la conservación de los ecosistemas acuáticos amazónicos, es importante investigar la ocurrencia de partículas de plásticos en los sedimentos fluviales (10). Se eligieron las playas Padrecocha y Manacamiri, por ser dos de las más visitadas en época de vaciante en el río Nanay, en donde existe un flujo continuo de visitantes que contribuyen al consumo de bebidas y alimentos en envases de un solo uso. Esta situación más la deficiente cultura ambiental de la población, han sido la causa del alto grado de contaminación por plásticos que se evidencia todos los años. El objetivo de este estudio fue presentar la primera referencia de contaminación por residuos plásticos en arena superficial del río Nanay, afluente del Amazonas.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de estudio

En “La contaminación por microplásticos, una amenaza para el ecosistema marino y la salud humana: una breve reseña” se describió que este tipo de contaminación es un tema de creciente preocupación científica porque los microplásticos (MP), son fácilmente accesibles a una amplia gama de organismos acuáticos y, se transfieren a lo largo de la red alimentaria. Los efectos biológicos que generan son crónicos en los organismos marinos debido a la bioacumulación. Por lo que concluyen que es importante controlar el uso excesivo de aditivos plásticos y es necesario introducir ciertas legislaciones y políticas para regular las fuentes de residuos plásticos (11).

Una investigación realizada en Hong Kong reportó que las concentraciones medias de microplásticos en las aguas costeras locales y en los sedimentos oscilaron, respectivamente, entre 51 y 27.909 partículas por 100 m³ y entre 49 y 279 partículas/kg. Identificaron microplásticos de diferentes formas como fragmentos, líneas, fibras y gránulos, clasificados según el tipo de polímero como polipropileno, polietileno y estireno. Consideran que, entre las posibles fuentes de contaminación están la deficiente gestión de aguas residuales (industriales y municipales) y la escorrentía de las aguas pluviales (12).

Existe evidencia de la presencia de microplásticos hasta en lugares remotos, como el caso del estudio en un gran lago de montaña, donde los investigadores destacan que, el lago Hovsgol, Mongolia (20.264 partículas/km²) está contaminado por microplásticos. Encontraron que, los fragmentos y las películas fueron los tipos de microplásticos más abundantes. La densidad de microplásticos disminuía con la distancia

desde la orilla suroeste, la sección más poblada y accesible del parque, y se distribuía por los vientos dominantes. Con estos resultados demuestran que, sin una gestión adecuada de los residuos, las poblaciones de baja densidad pueden contaminar fuertemente los sistemas de agua dulce con plásticos de un solo uso (13).

Se realizó una revisión de 78 publicaciones en América Latina sobre contaminación por microplásticos donde se reveló que, corresponde a Brasil el 34% de los estudios. De lo revisado, se mostró que las fibras representan el 62% del total de microplásticos en las muestras. Asimismo, encontraron que el polietileno, el polipropileno, el tereftalato de polietileno y el poliestireno son los polímeros más comunes, representando el 80% del total. Además, los autores señalaron que, existe cierta dificultad para establecer información fundamental sobre la abundancia y tipos de MP debido a la ausencia de metodologías estandarizadas en la mayoría de los países de esta región. Finalizaron que, la revisión servirá como base para evaluar la importancia ambiental de los MP en América Latina (14).

En el Perú las primeras investigaciones se realizaron en ecosistemas acuáticos marinos. El estudio en peces marinos de importancia económica en Lima, evaluó los microplásticos (MP) presentes en cinco peces: *Sciaena deliciosa* “lorna”, *Isacia conceptionis* “cabinza”, *Scartichthys gigas* “borrachito”, *Mugil cephalus* “lisa” y *Scomber japonicus* “caballa”. La especie con los niveles más altos de contaminación por MP en el tracto digestivo fue de *S. gigas*, en donde los colores predominantes fueron el azul, negro, fucsia y blanco. En el tracto digestivo, los tipos de MP fueron fibra, fragmento y film, mientras que en las branquias solo había fibras. Una de las principales conclusiones es que, los MP se encuentran en el tracto digestivo por su alimentación y en las branquias por filtración del agua (15).

En el primer estudio de microplásticos en peces de la amazonia peruana realizado por investigadores del Instituto de la Investigaciones de la

Amazonia Peruana (IIAP) se reportó que, del total de 50 individuos de 11 especies analizadas, sólo se encontró MP (17 partículas) en 6 individuos de la especie *Prochilodus* “boquichico”. Los tamaños estaban en un rango de 0,40 a 4,39 mm y respecto a las formas, se encontró 14 filamentos y 3 fragmentos irregulares. Los colores que se registraron fueron, azul (10), rojo (5), verde (1) y celeste (1). El estudio asevera que los resultados pueden ser evidencia de la inadecuada gestión de residuos plásticos alterando negativamente los ecosistemas, y posteriormente la salud humana (16).

En un trabajo científico se identificó las lagunas de conocimiento y las futuras prioridades de investigación, los autores reconocen que el agua dulce y los entornos terrestres son el origen y las vías de transporte de los plásticos hacia los océanos, y que existe una falta de conocimiento comparativo sobre estos compartimentos ambientales. Sostienen que, es especialmente importante que los futuros estudios desarrollen técnicas estandarizadas que permitan comparar los datos. Explican que, muchos de los riesgos ecológicos de los microplásticos identificados en las especies acuáticas se aplicarán también a los ecosistemas terrestres debido a los paralelismos ecológicos y taxonómicos que existen entre las especies residentes (17).

Se evaluaron sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, en Perú, utilizando 4 estaciones de muestreo. Dos estaciones se situaron en la parte baja y las otras 2 en la desembocadura del mismo. Se logró identificar MP solo en la estación E4 (18 partículas), 2 provenientes del lecho; y 16 provenientes de la orilla. En promedio, para la estación E4 se obtuvo una abundancia de 90 ítems·kg-1 (18) .

Se realizó una investigación de contaminación por microplásticos en los sedimentos de las playas de Auckland (Nueva Zelanda), los investigadores encontraron que, de los 39 lugares muestreados en el estuario, el puerto y el océano de las costas este y oeste la contaminación por microplásticos estaba presente con una abundancia media de 459 partículas/m² que oscilaba entre 0 y 2615 partículas/m². En cuanto a las formas de microplásticos encontrados, eran predominantemente fibras (88%), con menores proporciones de fragmentos (8%) y películas (4%). Los tipos microplásticos analizados eran celulosa regenerada (34%), tereftalato de polietileno (22%) y polietileno (15%). Finalizaron que, las playas de la costa oeste mostraron una mayor contaminación por microplásticos en comparación con las playas de la costa este ($p = 0,004$), lo que puede indicar que los microplásticos están siendo transportados a las costas neozelandesas desde otros lugares (19).

En el trabajo de “Residuos microplásticos en las playas de Tenerife (Islas Canarias, España)” se evaluó la presencia y composición de MP en seis playas. Dos de ellas estaban situadas en la costa norte (El Socorro y San Marcos) y el resto en el litoral sur (Leocadio Machado, El Porís, Los Abriguitos y Playa Grande). Los autores afirman que, todas las playas tienen un contenido relativamente bajo de microplásticos, por debajo de 3,5 g/m² de arena, excepto Playa Grande, que mostró un contenido medio de 99 g/m² de arena. Los principales polímeros encontrados fueron el polietileno, el polipropileno y el poliestireno, que representan el 69%, el 18% y el 4%, respectivamente. Mientras que, por la forma los fragmentos fueron predominantes. Con esta información finalizaron que el contenido de microplásticos de Playa Grande (2971,5 ítems/m²) es comparable, o incluso superior a los encontrados previamente en algunas playas de las islas orientales del archipiélago (20).

En playa Grande (Tenerife, Islas Canarias, España) se hizo monitoreo de residuos meso y microplásticos durante un ciclo lunar, se evaluó la aparición y composición de meso (5-25 mm) y microplásticos (1-5 mm). La playa fue monitoreada en las diferentes fases del ciclo lunar, entre el 17 de junio y el 16 de julio de 2019. Se muestrearon un total de 10 puntos cada día encontrando un contenido medio de mesoplásticos de 18 g/m² (0,36 g/L) y de microplásticos de 13 g/m² (1277 ítems/m² o 1,6 g/L). Se encontró que el polipropileno y el polietileno representaban el 19% y el 76% del total, respectivamente. Entre las partículas encontradas, el 83% eran fragmentos, el 11% pellets, el 4% fibras y el 2% películas. Los resultados obtenidos revelaron que la presencia de microplásticos no podía relacionarse en este caso con las mareas, sino con la orientación y la fuerza/velocidad del viento (21).

Los microplásticos también se encontraron en playas arenosas de la Península de Baja California en México, para ello se tuvo que muestrear 21 sitios de playas arenosas. La abundancia media de microplásticos en las muestras fue de 135 ± 92 partículas.kg⁻¹, y la fibra fue la forma más abundante, representando el 91% del total de microplásticos identificados. Además, encontraron que la abundancia de microplásticos es mayor en las playas urbanas que en las playas rurales. El análisis de los microplásticos mediante espectroscopia infrarroja de reflectancia total atenuada (ATR-FTIR) mostró que los principales polímeros encontrados en los microplásticos eran poliacrílicos, poliacrilamida, tereftalato de polietileno, poliésteres y nylon. Por lo que, los autores concluyeron que los vertidos de aguas residuales fueron la fuente principal de microplásticos en las playas muestreadas, seguidas por el turismo (22).

En el trabajo titulado “Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero del Perú” en el Distrito de Villa El Salvador, 2018, los resultados muestran que existe mayor

cantidad de MP en la zona supralitoral con 21,08 partículas/kg de arena. En cuanto a la forma más frecuente en ambas zonas fue la filamentosa con 59,60% y 97,22. Los investigadores concluyeron que, debido a la omnipresencia de los MP, se requiere ampliar la evaluación en las matrices ambientales para mejorar la comprensión sobre la exposición y el riesgo ambiental (23).

Se determinó la presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú, estas muestras fueron colectadas entre junio 2014 y mayo 2015 con el protocolo del Instituto Tecnológico y Ciencia del Océano de Corea. Se eligieron playas arenosas que presentaban más de 100 metros de largo. Cada playa se dividió en dos transectos con tres cuadrantes, para delimitar los cuadrantes se utilizó un marco de 0.5 por 0.5 m. Las muestras fueron colectadas de la capa superficial. Dando como resultado que, la playa Costa Azul presente 522 ítems/m² de microplásticos, de los cuales, 463.33 ítems/m² y 2.6 g/m² fueron plásticos duros. Mientras que, la playa Albufera de Medio Mundo presentó el menor número y peso de microplásticos (4.67 ítems/m² y 0.50 g/m²). Se encontró que, los fragmentos de plástico duro mayores a 1 mm representaron más del 80% de cada muestra en las cuatro playas arenosas. También, concluyeron que, los zooplancton y larvas de peces, serían los grupos más afectados por la presencia de microplásticos en la columna de agua (24).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Marco legal

1.2.1.1. Constitución Política del Perú

Título I, Cap. II, Art. 18. “La educación universitaria tiene como fines la formación profesional, la difusión cultural, la creación intelectual y artística y la investigación científica y tecnológica” (25).

1.2.1.2. Ley Universitaria N° 30220

Cap. I, Art. 6.5. “Realizar y promover la investigación científica, tecnológica y humanística la creación intelectual y artística” (26).

1.2.1.3. Ley General del Ambiente N°28611

Título II, Cap. IV, Art. 123. “La investigación científica y tecnológica está orientada, en forma prioritaria, a proteger la salud ambiental, optimizar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y a prevenir el deterioro ambiental, tomando en cuenta el manejo de los fenómenos y factores que ponen en riesgo el ambiente...” (27).

1.2.1.4. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos DL N° 1278

Título II, Cap. II, Art. 6. “La gestión integral de los residuos sólidos deberá estar orientada a: Establecer acciones destinadas a evitar la contaminación ambiental, eliminando malas prácticas de manejo de residuos sólidos que pudieran afectar la calidad del aire, agua, suelos y ecosistemas (28).

1.2.1.5. Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables, Ley N° 30884

Cap. I, Art. 2. “Garantizar que el ambiente se preserve; y orientar el uso del plástico en nuestro país hacia una economía circular, donde los bienes de plástico sean reutilizables, retornables al sistema de producción y reciclables o cuya degradación no genere contaminación por microplásticos o sustancias peligrosas, asegurando su valorización” (29).

1.2.1.6. Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338

Título I, Art.3.- “Declárase de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en el manejo de las cuencas hidrográficas y los acuíferos para la conservación e incremento del agua, así como asegurar su calidad fomentando una nueva cultura del agua, para garantizar la satisfacción de la demanda de las actuales y futuras generaciones” (30).

1.2.2. Caracterización de plásticos

Generalmente se hace la caracterización de los MP por su tamaño, la forma y el color, y estos se correlacionan con la estructura del polímero (23, 31). Existen registros de la presencia de microplásticos que llevan décadas acumulándose en el medio marino y se han detectado en toda la columna de agua y en los sedimentos sublitorales, sedimentos de aguas profundas y de las playas de todo el mundo (32).

Los microplásticos presentan características intrínsecas como la densidad, la superficie hidrofóbica o la elevada relación superficie/volumen, que se sabe que favorecen la colonización microbiana y la formación de biopelículas en los ecosistemas marinos. También se demostró que son un medio de transporte de la población de patógenos y la aparición final de la enfermedades entre especies acuáticas (33). La contaminación por microplásticos es omnipresente y se ha convertido en un grave problema

medioambiental, pero las investigaciones recientes se han centrado principalmente en los ecosistemas acuáticos marinos, mientras que todavía existen lagunas de conocimiento en relación con los microplásticos en entornos terrestres y en ecosistemas de agua dulce (34).

Los residuos plásticos se clasifican en macroplásticos (diámetro de las partículas > 25 mm), mesoplásticos (5-25 mm), microplásticos (diámetro < 5 mm) y nanoplásticos (1 nm - 1 µm) (35–37). Otros autores mencionan que los microplásticos son pequeñas partículas de plástico de diámetro <1 mm, procedentes de la degradación de residuos plásticos de mayor tamaño (38). Los materiales plásticos más recurrentes en los estudios por el tipo son polipropileno, polietileno (baja y alta densidad) y el poliestireno; por su forma el filamentosos, fragmentos, y películas; y los colores predominantes son los plásticos son el azul, el rojo, el blanco/transparente, el verde y otros colores (23, 31).

1.2.3. Aspectos generales de la cuenca del Nanay

Esta cuenca está ubicada en el llano amazónico, perteneciente a la provincia de Maynas, tiene una extensión de 1'721,343 ha. La cuenca del Nanay (**Figura 1**) y su área de influencia comprenden políticamente a los distritos de Alto Nanay, San Juan, Punchada, Belén e Iquitos. Tiene una población aproximada de 33,000 habitantes agrupados en 137 comunidades y tiene una longitud aproximada de 370 km. (39).

La cuenca del Nanay es la principal proveedora de bienes y servicios para la ciudad de Iquitos: desde madera redonda, hojas de irapay, leña, alta diversidad biológica, playas para esparcimiento, hasta agua para consumo doméstico tanto rural como para Iquitos (40).

información disponible se pueden distinguir cuatro sub espacios con características relativamente diferenciados (41):

La zona del Alto Nanay: Comprende los caseríos ubicados en el Alto Nanay y sus afluentes principales Chambira y Pintuyacu. Esta zona es la menos dinámica y la menos poblada. Sus 59 caseríos albergan en conjunto 3,100 personas que determinan una densidad poblacional de menos de un habitante por km² (0.2 hab/km²) (40).

La margen izquierda del bajo Nanay: Se ubica desde la localidad de Samito hasta la ciudad de Iquitos. Esta zona abarca el área rural del distrito de Iquitos. En este sector viven 5,494 personas aproximadamente agrupados en 17 caseríos (41).

La margen derecha del bajo Nanay: Comprende la jurisdicción del distrito de San Juan Bautista. Es la más poblada pues en este sector viven aproximadamente 15 mil personas lo que representa el 3.9% de la población total y 46.6% de la población rural de la cuenca. En este sector se localizan los caseríos más grandes, como Santa Clara con 2,800 habitantes, Santo Tomás con 1,100 habitantes, Quistococha con 1,068 habitantes, entre otros (41).

La sub cuenca del río Momón: Comprende la parte rural del distrito de Punchana. Representa el 3.9% de la población total y 27% de la población rural de la cuenca, en términos de tasa de crecimiento es la menos dinámica. Así en los últimos 7 años ha tenido un ligero decrecimiento de – 0.47% por año (41).

1.2.4. Hidrología de la cuenca del Nanay

La cuenca se origina en la parte norte del territorio amazónico peruano, entre los ríos Tigre y Napo, en la confluencia de las quebradas Agua Blanca y Agua Negra y tiene como principales tributarios a los ríos Pintoyacu y Momón por su margen izquierda (42).

El río Nanay es afluente del río Amazonas y se caracteriza por ser un río de origen meándrico con una longitud de 442 Km. El lecho del río está conformado por material arenoso con cantos rodados y limo. En su recorrido se pueden observar una gran variedad de playas constituidas de arena blanca (41).

Existe una relación estrecha entre los regímenes hidrológicos del río Nanay y del río Amazonas. Tomando como base los datos del nivel del agua de ambos ríos obtenidos en Iquitos, se ha establecido cuatro periodos hidrológicos: creciente (marzo, abril, mayo); media vaciante (junio, julio); vaciante (agosto, setiembre, octubre); media creciente (noviembre, diciembre, enero y febrero) (41).

1.2.5. Tipos de ambientes acuáticos de la cuenca

A. Ambientes Lóticos:

Son de color café oscuro debido al alto contenido de sustancias húmicas y ácidos fúlvicos que presentan y son de tipo meándrico, siendo los más importantes los ríos: Nanay, Pintoyacu, Chambira y Momón (39).

Las Quebradas Agua Blanca y Agua Negra, son pequeños cursos de agua negra que se unen a la altura de la localidad Puerto Resistencia para dar origen al río Nanay. La quebrada Agua Negra tiene una longitud de 93 Km. y la extensión de su cuenca abarca 111,399 ha. Por otro lado, la quebrada Agua Blanca tiene una longitud de 54 Km. con una extensión de su cuenca de 89,553 ha (39).

B. Ambientes Lénticos

Lagunas de agua negra: También llamados, cochas o tipishcas, las mismas que son meandros antiguos abandonados por el río. Entre los principales tenemos al Lago Moronacocha, adyacente a la ciudad de Iquitos y las lagunas Zungarococha, Rumococha, Cashococha, Sunicocha,

Llanchama, Shiriara, Yarana, Samito, Pintucocha, Pava, Shapirillo, Supay, entre otras. Los valores de pH en estos ambientes oscilan entre ácidos a alcalinos, con niveles de conductividad eléctrica también bajos (39).

C. Zonas inundables - Tahuampas

Las zonas inundables son aquellas áreas cubiertas por el desborde cíclico natural de los cuerpos de agua, relacionadas a ríos con bajo contenido de material suspendido, pobres en nutrientes, y menor perturbación de la vegetación ribereña. Son aguas ácidas, de color oscuro debido al elevado contenido sustancias húmicas, consecuencia de la descomposición parcial de la materia orgánica, y cuya transparencia lumínica es relativamente alta (39).

1.2.6. Formación de playas en la amazonia

Las playas son depósitos arenosos recientes de granos finos, formados por sedimentación en las partes convexas de los meandros e islas, típicos en la época de vaciante (43). Este sedimento es producto del transporte durante la creciente de los ríos (44). En los ríos amazónicos la capacidad de transporte de materiales, se incrementa linealmente con la anchura y se ve influenciado por el tamaño del grano del material de carga y la turbulencia (45, 46).

Asimismo, la erosión lateral y los cambios en el canal de los ríos meándricos dan lugar a la perturbación natural del bosque a gran escala. Estudios presentan que, el 26,6% del bosque moderno de tierras bajas tiene características de actividad erosiva y deposicional reciente. Esta característica de la dinámica fluvial es un factor importante para crear y mantener la alta biodiversidad de especies en la Amazonía (47).

Es así que, la vegetación de llanuras meándricas adquiere relevancia por su adaptación a los suelos conformados por sedimentos fluviónicos recientes, producto de la dinámica fluvial entre inundaciones periódicas de los ríos (48). En los barriales y playas prosperan las comunidades vegetales de especies pioneras y colonizadoras, estacionales y temporales, con formas vegetales de portes herbáceos y de períodos vegetativos cortos, ligados al tipo de suelo y a la concentración de agua en procesos ecológicos (49)

1.2.7. Actividades extractivas que se desarrollan en la cuenca

A. Productos forestales maderables

La extracción de maderas con fines industriales y/o comerciales se encuentran concentradas principalmente en las partes alta y media del río Nanay y del río Pintoyacu, esta ha sido una zona de intensa extracción selectiva de recursos a lo largo de las últimas décadas, principalmente de especies maderables de gran valor comercial como cedro, caoba, palo de rosa, lupuna, moena, tornillo, cumala y maderas de varillal, especialmente el aceite caspi (50).

B. Productos forestales no maderables – PFNM

Los PFNM toman un rol importante en la vida del poblador amazónico por la gran amplitud de productos que involucra, sin embargo, son escasamente considerados en los planes de desarrollo en comparación a otros productos que ofrece el bosque. En Iquitos se extraen 62 especies que proporcionan productos forestales diferentes de la madera. La mayor parte de los extractores se dedican al aprovechamiento de irapay (54,4%) y el producto con mayor volumen de producción controlado corresponde a palmito de huasai. La extracción de los productos forestales diferentes de la madera se realiza de diversas formas, dependiendo de la especie, usos, época del año, lugar y parte de la planta que se aprovecha (51).

C. Caza

La caza se practica con fines de autoconsumo debido a la poca abundancia de animales de caza como consecuencia de la intensa actividad extractiva. Sin embargo, la escasez de esta fuente proteínica también tendría consecuencias sociales como la desnutrición en poblaciones locales (52).

D. Pesca

a. Pesca de consumo directo

Para la población ribereña local, el pescado es la principal fuente de proteína animal. En el río Nanay y sus cochas predominan los peces frugívoros, que se alimentan en los bosques inundados durante las crecientes, así como los peces depredadores e insectívoros. Sin embargo, en toda la cuenca del Nanay, incluido los lagos, ha sufrido en las últimas décadas los estragos de una extracción masiva e indiscriminada de la riqueza hidrobiológica que han puesto en emergencia las pesquerías del Nanay (50).

b. Pesca ornamental

En el caso de los peces ornamentales, existe una alta demanda a nivel internacional (Europa, Norteamérica y Asia) y se considera como actividad económica creciente. Así, el centro de exportación de peces de acuario en el Perú es Iquitos, donde el comercio ha estado activo desde la década de 1950. Lamentablemente, la mayor parte de los peces comercializados provienen de áreas naturales (parte baja del Nanay), y muy poco de la reproducción en ambientes controlados (53).

1.3. Definición de términos básicos

1.3.1. Microplásticos

Microplásticos son cualquier partícula sólida sintética de matriz polimérica, con forma regular o irregular y con un rango de tamaño de 1 um a 5 mm, los cuales son insolubles en agua. Los MP se clasifican en MP primarios y MP secundarios en función de su procedencia (54).

1.3.2. Microplásticos primarios

Son bolitas de resina y microperlas utilizadas en productos de limpieza, PCCP (personal care and cosmetic products), productos médicos y entre otros (55). Los microplásticos primarios suelen referirse a pellets y PCCP, que se producen y entran en el medio ambiente con tamaños pequeños. Sin embargo, algunos estudios han propuesto una gama más amplia de microplásticos primarios, incluyendo a los subproductos del uso de plásticos (como las microfibras desprendidas de la ropa, el polvo de los neumáticos de los vehículos, los microplásticos de céspedes artificiales y pinturas, etc.), así como los liberados de forma no intencionada (por ejemplo, materias primas peleteadas (56, 57).

1.3.3. Microplásticos secundarios

Los MP secundarios no son producidos en dimensiones micrométricas, estos son generados por la fragmentación de plásticos de mayor tamaño por medios físicos, químicos y biológicos (58). Se pueden encontrar en la basura general, plantas de reciclaje, restos de equipos de pesca, basura generada por actividades recreacionales, pinturas que contengan polímeros sintéticos, polímeros usados como aditivos y fibras (59).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

La producción y consumo masivo de plástico tuvo sus inicios a mediados del siglo XX (60), a partir de esta fecha la contaminación con este material ha ido creciendo de forma alarmante dando inicio a la “Era del plástico” (61, 62). Dada su durabilidad, resulta preocupante que la mayor producción (36 %) sea del sector embalaje, considerado como plástico de un solo uso. A nivel mundial, el plástico de un solo uso representa el 50 % del total de residuos plásticos, en promedio, se usan al año aproximadamente 30 kilos de plástico por ciudadano y al año se suman cerca de 3 mil millones de bolsas plásticas, casi 6 mil bolsas por cada minuto (1).

En el Perú se generan 19 mil TM de residuos al día, en el que Loreto representa el 3% de la generación nacional; a pesar de haber reducido la generación a nivel general en los últimos años en un 5 %, se consolida como una de las regiones con mayor generación per cápita (0,60 kg/hab/día) de residuos sólidos municipales de origen domiciliario (63). Iquitos tiene una generación total de 235,6 TM/día; dentro de los cuales, 176,80 kg/día (2) son residuos plásticos, que se divide en PET 75,21 kg/día, seguida de PVC con 34,26 kg/día y PEAD con 21,89 kg/día (3). Por lo que, se considera necesario que las municipalidades implementen proyectos de inversión con base en alternativas de solución a esta problemática.

En el ambiente, el plástico reduce su tamaño por exposición a la radiación UV, temperatura, erosión, sustancias químicas, entre otras (64). A medida que estos se fragmentan en partículas más pequeñas se acumulan en hábitats terrestres, acuáticos, y en los ecosistemas (65).

Muchos de estos fragmentos de plásticos tienen aditivos compuestos de sustancias peligrosas, que son liberados en el proceso de degradación del plástico o por transferencia del plástico al material que contiene (66, 67).

Por ahora, en el Perú la mayoría de los estudios sobre pequeñas partículas de plásticos se centraron en peces marinos y playas de la costa (68, 69). No obstante, un reciente estudio del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) demostró que un pez amazónico de gran importancia comercial ingiere microplásticos, se registró individuos provenientes del Mercado Belén, de las once especies analizadas (50 individuos), sólo en seis individuos de la especie boquichico *Prochilodus nigricans* Agassiz, fueron registrados en total 17 partículas de microplásticos. Los tamaños estuvieron en un rango de 0,40 a 4,39 mm y las formas encontradas fueron los filamentos (14) y los fragmentos irregulares (3). De los colores registrados, el azul se presentó en mayor número (10 microplásticos), seguido del rojo (5 microplásticos), verde (1 microplástico) y celeste (1 microplástico) (16). Esto evidencia que los ambientes acuáticos (agua, sedimentos, y biota) de la Amazonia peruana están contaminados con plásticos, y que ya se encuentran dentro de la cadena alimenticia, pudiendo atentar contra la seguridad alimentaria de las comunidades locales.

Se entiende que las cifras son alarmantes a nivel mundial, los resultados son reveladores a nivel nacional y el conocimiento sobre la fragmentación de los plásticos en ambientes acuáticos amazónicos es limitado. Por lo que, este trabajo de investigación se llevó a cabo en el río Nanay, ya que forma parte de una cuenca estratégica para la ciudad de Iquitos, siendo la principal fuente de captación de agua para consumo humano por SedaLoreto, consumo directo sin tratamiento por habitantes de zonas aledañas y el abastecimiento de alimentos.

Sin embargo, desde hace más de 20 años esta zona viene siendo impactada de forma negativa. El aprovechamiento de los recursos naturales es selectivo y depredador, en actividades como la extracción masiva de hojas de irapay, maderas redondas para construcción, pesca y colecta de peces ornamentales y minería ilegal. Esto pone en riesgo las actividades socioeconómicas, los recursos naturales y los principales procesos ecológicos que se desarrollan en esta parte de la amazonia (39).

Asimismo, en época de vaciante las playas que se forman por los sedimentos del río Nanay sirven como áreas de esparcimiento para la población, siendo las playas Santa Rita, Tipishca, Pucayacu, Santa Clara, Pampa Chica, Manacamiri y Padrecocha las más concurridas. Por consiguiente, existe un flujo continuo de visitantes durante los meses de agosto y setiembre cuando las playas ya están establecidas en su totalidad. Junto a esto se incrementa el número de vendedores ambulatorios que contribuyen al consumo de bebidas y alimentos en envases de un solo uso. Esta situación más la deficiente cultura ambiental de la población, han sido la causa del alto grado de contaminación por plásticos que se evidencia todos los años (OBS. PERS).

Por lo tanto, el presente trabajo evaluó la contaminación por plásticos en las playas del río Nanay, ya que estas áreas cumplen un papel importante al incorporarse nuevamente al río después de ser utilizadas durante la época de vaciante, y pudiendo llevar consigo partículas de plásticos que pueden contaminar el cuerpo de agua. Esto se convierte en un problema de salud pública por lo que es necesario tener información válida como soporte para los tomadores de decisiones.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema General

¿Cuál es el grado de contaminación por plásticos en las playas del río Nanay, Región Loreto – 2021?

2.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las características morfológicas (forma, color y tamaño) de los contaminantes plásticos en las playas del río Nanay, Región Loreto - 2021?

¿Cuál es la abundancia de los contaminantes plásticos en playas del río Nanay, Región Loreto - 2021?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo General

Evaluar la contaminación por plásticos en playas del río Nanay, Región Loreto - 2021.

2.3.2. Objetivos Específicos

Caracterizar los contaminantes plásticos según su morfología (forma, color y tamaño) en playas del río Nanay, Región Loreto – 2021.

Cuantificar los contaminantes plásticos en playas del río Nanay, Región Loreto - 2021.

2.4. Hipótesis

Las playas del río Nanay presentan contaminantes plásticos en diferentes grados de degradación.

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de las variables

Variable Independiente (VI):

Playas del río Nanay.

Variable Dependiente (VD):

Contaminación por plásticos.

2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables

VI. Playas del río Nanay.

Durante la época de vaciante, en la parte baja de la cuenca del Nanay se pueden encontrar bancos de arena ubicados en las curvas de los meandros conocidas por lo locales como playas. Algunas playas por sus características visuales son un punto de atracción y son utilizadas como zonas de esparcimiento durante los meses de agosto y setiembre. También, es importante mencionar que en el ambiente acuático de esta parte de la cuenca existen diferentes niveles de presión de extracción de peces ornamentales (70) que se puede intensificar en época de creciente. Por lo que, fue necesario realizar un primer estudio de la evaluación de la contaminación por plásticos porque hay evidencia de actividades económicas que generan residuos que en su mayoría son sintéticos.

VD. Contaminación por plásticos.

El plástico posee características que lo hacen perfecto para crear productos y empaques, como baja densidad y durabilidad elevada.

Sin embargo, son estas propiedades las que lo hace una amenaza para el medioambiente cuando los desechos no son manejados de manera adecuada. Su alta durabilidad significa que puede permanecer en el ambiente por gran cantidad de años y su baja densidad favorece la dispersión por agua y viento (71).

Como consecuencia, actualmente los residuos y desechos plásticos son contaminantes ubicuos y se les puede encontrar hasta en las áreas más remotas del mundo, incluso dentro de la sangre humana (72). Asimismo, se reporta bloqueos intestinales en manatís por materiales de pesca, principalmente hilo (73).

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio.

Variable	Indicador	Índice
Independiente		
Playas del río Nanay	Playas con alta afluencia	partículas/kg
Dependiente		
Contaminación por plásticos	Forma	Fragmento, filamento, película, redonda, otras formas.
	Color	Azul, negro, rojo, rojo/blanco, otros colores.
	Tamaño	Macroplástico (> 25 mm), Mesoplásticos (5-25 mm), microplásticos (1mm< 5 mm),
	Abundancia	partículas/kg

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El alcance de la investigación, de acuerdo al tipo de estudio y al análisis que se realizó es clasificado como descriptivo; ya que éste tuvo un aporte significativo para conocer los plásticos existentes en los sedimentos fluviales de las playas del río Nanay; y de esta manera sirve de base a otras futuras investigaciones.

3.1.2. Diseño de investigación

La investigación estuvo basada en, primera instancia, colecta de muestras de arena en las playas del río Nanay. El diseño de la investigación fue no experimental, del tipo descriptivo transversal, ya que se colectó muestras de arena en un solo año para ser analizados y obtener datos que fueron procesados.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Estuvo constituida por todas las playas del río Nanay.

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por las Playas Manacamiri y Padrecocha correspondientes a la parte baja del río Nanay.

3.3. Técnica, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos

3.3.1. Técnica de recolección de datos

En este estudio se realizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia. Se dividió la playa a muestrear en dos transectos lineales.

La recolección de muestras de arena se hizo mediante cuadrantes metálicos de 0,5 m x 0,5 m que delimitaron el área en las 2 playas correspondientes a la parte baja del río Nanay con alta afluencia de visitantes.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de datos que se utilizaron fueron los siguientes:

- a). Recolección de muestras: Marco metálico de 0,5 m x 0,5 m, frascos de vidrio, cucharón metálico, recipiente metálico y balanza.
- b). Materiales de laboratorio: Estufa, placas petri, vaso precipitado, pipeta, bowl, cuchara y pinzas metálicas.
- c). Equipos de análisis: Estereoscopio trinocular Nikon, modelo SMZ800, cámara fotográfica Canon EOS Rebel T5i.

3.3.3. Procedimientos de recolección de datos

Colección de muestras:

La toma de muestras se llevó a cabo durante el mes de setiembre en el periodo de vaciante (estiaje), se evaluó 2 playas arenosas con alta afluencia de visitantes (**Figura 2**). Las playas concurridas fueron consideradas debido a la alta presión humana durante el periodo de muestreo y por su ubicación cercana a la población que lo determina como zona turística.

Para el muestreo, las playas Padrecocha y Manacamiri fueron separadas en dos transectos lineales de 100 metros, se seleccionó la parte central de cada playa para realizar la medición requerida. Se ubicó un punto de muestreo cada 20 metros, haciendo un total de 6 puntos por cada transecto y 12 puntos por cada playa estudiada (**Figura 3**).

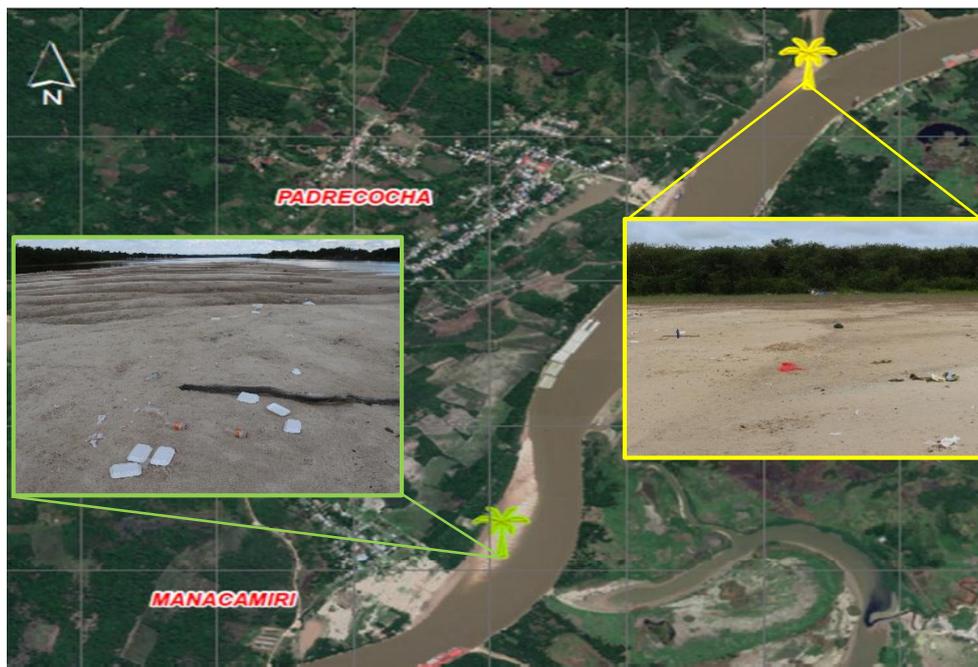


Figura 2. Mapa de ubicación de los lugares de colecta, Playa Padrecocha (18M 0692178-9591605) y Playa Manacamiri (18M 0691056-9589009).

Fuente. Elaboración propia

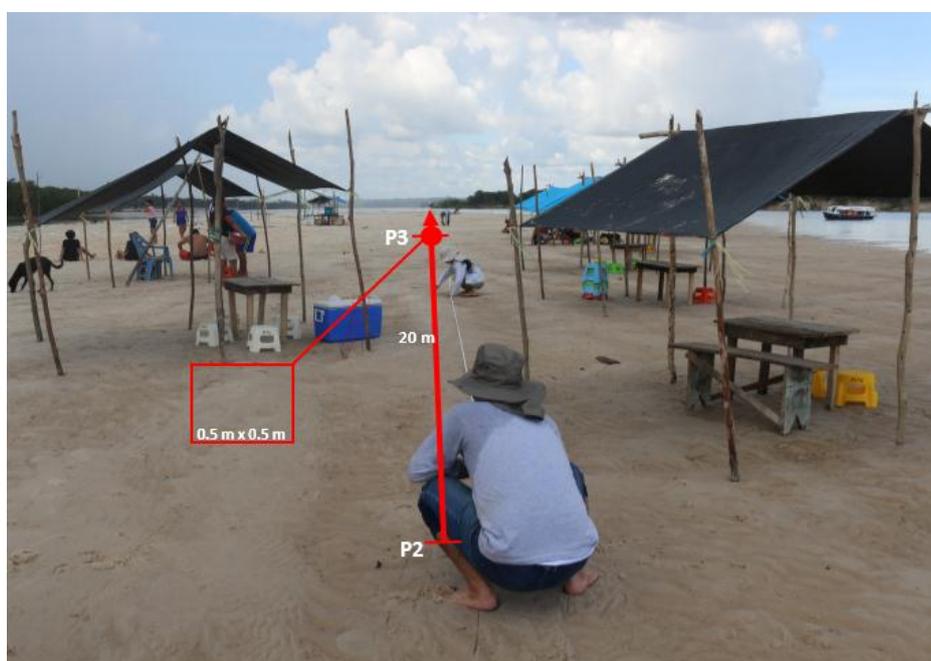


Figura 3. Transecto lineal paralelo al río Nanay.

Fuente. Elaboración propia

Para delimitar el punto de muestreo se utilizó un marco metálico de 0,5 m x 0,5 m (58, 59) como se presenta en la **Figura 4**. Las muestras fueron recolectadas hasta un máximo de 5 cm de profundidad con el uso de un cucharón metálico (59).



Figura 4. Punto de muestreo delimitado por el cuadrante metálico.

Fuente. Elaboración propia.

Posterior a ello, se homogenizó la arena con el apoyo de cucharones metálicos y se guardó, en frascos de vidrio, 1 kg de arena de cada cuadrante (**Figura 5**) para su posterior análisis en el Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana ubicado dentro de las instalaciones del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra (CIFAB).



Figura 5. Muestra de arena en frasco de vidrio.

Fuente: Elaboración propia.

En el laboratorio, en un bowl metálico con tapa se secaron las muestras de arena en la estufa a 50°C durante 48 horas o hasta que se perciba que la arena esté seca. Posteriormente, en un vaso precipitado se pesó 500 g de arena seca de cada punto de muestreo para ser analizada en el estereoscopio (60).

Examinación microscópica para determinación de forma, color y tamaño:

Con ayuda de una cuchara pequeña se agregó a una placa Petri una porción de arena para ser observada detenidamente, y así poder identificar el MP con el estereoscopio (**Figura 6**). Para el control de posibles contaminantes del ambiente de trabajo se utilizaron batas de laboratorio, materiales de vidrio, metal y las superficies de trabajo fueron esterilizados con etanol (61). Además, se colocó placas Petri junto al estereoscopio para su revisión periódica.



Figura 6. Identificación de posibles contaminantes plásticos

Fuente: Elaboración propia

Para determinar de que las partículas son sintéticas se utilizó el método visual aplicando los principales criterios para el tipo, forma y color de las partículas de plásticos (53):

1. No se vean estructuras celulares u orgánicas en la partícula o fibra de plástico.
2. Si la partícula es una fibra, puede ser igualmente gruesa, no ahusada hacia los extremos y tener una flexión tridimensional (fibras no enteramente rectas que indica un origen biológico).
3. Partículas claras y de color homogéneo (azul, rojo, negro y amarillo).

Teniendo en consideración estos puntos, algunas partículas encontradas se descartaron por no cumplir con estas consideraciones, entre ellos las fibras transparentes y las blancas (por su similitud con antenas y fibras de diferentes organismos tanto animales, plantas y protistas) (16). Esto es importante para evitar la identificación errónea de los MP que se pudieron encontrar, sobre todo cuando no es posible la utilización de métodos más precisos como la Espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier FT-IR (74).

Los contaminantes plásticos fueron caracterizados en términos de color, forma y tamaño (23). Mientras que el tamaño se estimó utilizando Imagen J. Las partículas se clasificaron por su forma en fragmento y filamento. Por el color fueron clasificados como azul, negro, rojo, rojo/blanco y otros colores. Los resultados de la abundancia están expresados en N° de partículas.kg⁻¹ de arena seca (75, 76).

Además se determinó un valor de la contaminación por plásticos en términos en Índice de Costa Limpia (CCI= Clean Coast Index) para evaluar el nivel de limpieza de las playas. Este índice se calcula mediante la fórmula $CCI = (\text{Suma de partículas de basura} / \text{Longitud de Ancho} \times \text{longitud de Largo de la playa}) \times K$, en donde K, es una constante cuyo valor es igual a 20 (77).

Los valores del CCI se representan en partículas/m² y los valores se clasifican de acuerdo a la **tabla 2** (77).

Tabla 2. Valores de CCI para evaluar el nivel de limpieza de playas

CCI	Índice Numérico
"Muy limpia", no se ve basura.	0 – 2
"Limpia", no se ve basura en una zona amplia.	2 – 5
"Moderada", se detectan algunos trozos de basura.	5 – 10
"Sucia", muchos restos en la orilla.	10 – 20
"Extremadamente sucia", la mayor parte de la playa está cubierta de restos de plástico.	20 +

Fuente: Ocean & Coastal Management

3.4. Procesamiento de datos y análisis estadísticos

Los contaminantes plásticos se caracterizaron según su morfología y por la cantidad de residuos plásticos por kilogramo de arena seca (9). Para la estadística descriptiva se utilizó el software Microsoft Excel.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Caracterización de los contaminantes plásticos según su morfología (forma, color y tamaño).

4.1.1. Determinación de contaminantes plásticos de las playas del río Nanay según su forma.

La figura 7 muestra el total de partículas encontradas y la clasificación según su forma. En la playa Padrecocha se encontró un total de 29 fragmentos y 30 filamentos, mientras que en la playa Manacamiri se encontró 12 fragmentos y 40 filamentos. Estos resultados sugieren que las formas filamentosas son las más abundantes porque representaron el 63.1% en comparación los fragmentos que representaron el 36.9%.

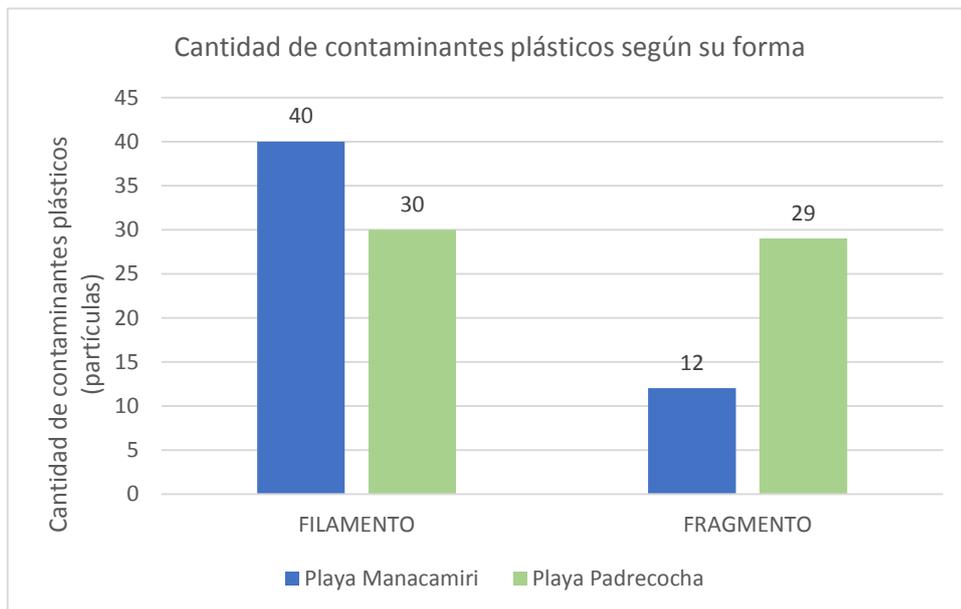


Figura 7. Caracterización de los contaminantes plásticos según su forma.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Determinación de contaminantes plásticos de las playas del río Nanay según su color.

La **figura 8**, presenta la cantidad de contaminantes plásticos encontrados en las muestras recogidas de las playas Padrecocha y Manacamiri según su color. En la playa Padrecocha los colores que predominaron fueron el azul (13), rojo (18) y negro (14), adicional se encontró 14 partículas de plástico de diferentes colores. Por otro lado, en la playa Manacamiri se encontró partículas de color azul (24), negro (10) y rojo (9), adicional a ello se encontró 9 partículas de diferentes colores (**Figura 9**). De ambas playas, el color más abundante es el azul (33.3%), seguido del rojo (24.3%) y negro (21.6%); además se encontraron una variedad de otros colores que representaron un total de 20.7%.

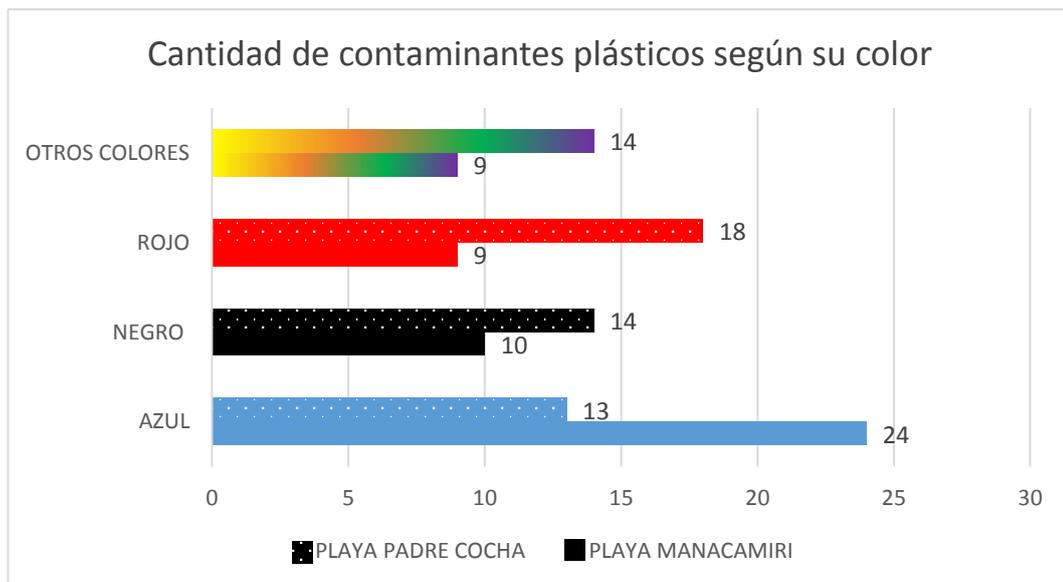


Figura 8. Caracterización de los contaminantes plásticos según su color.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Partículas de plástico encontradas en las playas del río Nanay.

Fuente. Elaboración propia

4.1.3. Determinación de los estadísticos descriptivos de la variable tamaño de contaminantes plásticos

En la tabla 3, se muestra la estimación del tamaño de contaminantes plásticos encontrados en las playas Padrecocha y Manacamiri. El tamaño de los contaminantes plásticos en la Playa Padrecocha mostró un valor máximo y mínimo 5.93 mm y 0.15 mm respectivamente, con un promedio de 1.68 mm, la desviación estándar fue de 1.38 mm, con una mediana de 1.39 mm y una varianza de 1.92. Por otro lado, esta variable en la playa Manacamiri mostró un valor máximo y mínimo 9.04 mm y 0.11 mm respectivamente, con un promedio de 1.94 mm, la desviación estándar fue de 1.92 mm, con una mediana de 1.52 mm y una varianza de 3.69.

Tabla 3. Estadística descriptiva del tamaño de los contaminantes plásticos.

Estadísticos descriptivos	Playa Manacamiri	Playa Padrecocha
Numero de partículas	52	59
Tamaño mínimo (mm)	0.11	0.15
Tamaño Máximo (mm)	9.04	5.93
Promedio (mm)	1.94	1.68
Mediana (mm)	1.52	1.39
Desviación estándar	1.92	1.38
Varianza de la muestra	3.69	1.92

También, se determinó la cantidad de microplásticos de acuerdo a su tamaño. De las 111 partículas encontradas, el 93.7% (104 partículas) corresponde a microplástico, mientras que sólo el 6,3% (7 partículas) es mesoplástico.

4.2. Abundancia de los contaminantes plásticos en playas del río Nanay

Se recogió un total de 12 muestras de cada playa en estudio, que al ser analizadas se encontró 111 partículas, 59 correspondientes a la playa Padrecocha y 52 correspondiente a la playa Manacamiri. La abundancia de contaminantes plásticos en la playa Padrecocha es de 9.8 partículas/kg mientras que en la playa Manacamiri es de 8.7 partículas/kg.

En el área (10 m x 100 m o 1000 m²) comprendida por los puntos de muestreo se determinó que el valor de CCI es 1.18 partículas/m² para la playa Padrecocha y 1.04 partículas/m² para la playa Manacamiri, que indica que ambas playas están clasificadas como “muy limpias” de baja densidad de partículas de contaminantes plásticos.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión

La presencia de partículas de plásticos en la PP y PM es producto de las actividades antropogénicas que se realizan en la cuenca del río Nanay. De acuerdo a estudios similares en amazonia, las fuentes primarias de contaminación están determinadas por las actividades que se desarrollan en ella (78) entre los que están la proximidad con áreas urbanas, la pesca, el tránsito de botes, y la aglomeración de turistas en épocas de vaciante. Asimismo, se han considerado otros factores (79) como la dinámica hidrológica (7), el tipo de gestión de residuos, y el vertido de aguas residuales (8).

Aún no existen resultados en la literatura científica que demuestren la presencia de contaminantes plásticos en playas de ríos en la Amazonia Peruana para realizar comparaciones con esta investigación.

Sin embargo, en comparación con otras playas de ríos sudamericanos, los valores del CCI de esta investigación, 1.18 partículas/m² (PP) y 1.04 partículas/m² (PM), son inferiores al obtenido en una playa de la Amazonia Ecuatoriana (1,3 partículas/m²) (9) y a los calculados para 27 playas del Caribe central de Colombia, que oscilaron entre 2,8 partículas/m² (limpias) y 574 partículas/m² (extremadamente sucias) (80). Del mismo modo, estos resultados muestran una menor densidad en comparación del CCI encontrado en una zona ribereña (2,27 partículas/m²) del río Paraná en Brasil (81).

La concentración media de contaminantes plásticos encontrada en los 12 puntos de muestreo a lo largo de los 2 transectos de la playa Padrecocha fue de 9.8 partículas/kg, mientras que, la playa Manacamiri presentó una concentración media de 8.7 partículas/kg de arena seca. Estos resultados están ampliamente por debajo de los reportados para

muestras de sedimentos en Amazonia Ecuatoriana (987 partículas/kg) y brasilera (417–8178 partículas/kg). No obstante, los tres estudios coinciden en que las partículas de tamaños menores a 2 mm (66.7% en este estudio) son las más abundantes (7).

En cuanto a las formas encontradas, los filamentos representan el 50.8% en la playa Padrecocha y 76.9% en la playa Manacamiri, esto coincide con otros estudios realizados en la amazonia sobre la dominancia de filamentos en playas de agua dulce, cuyo origen son la ropa y otros productos de fibra como las redes de pesca (79). En esta investigación los filamentos más abundantes fueron de color azul (47.1%) y negro (20%). Previos estudios explican que la presencia de filamentos azules es debido al vertimiento de aguas residuales y a liberación de agua tratada proveniente de plantas de tratamiento de aguas residuales directamente al cauce de los ríos (82). Esto coincide con los resultados de nuestro estudio, debido a que ambas playas estudiadas están localizadas cerca de los sistemas de vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Iquitos que no son previamente tratadas antes de su ingreso a la cuenca del río Nanay (83).

A pesar, que la ciudad de Iquitos es considerada capital de la Amazonia Peruana, no dispone de una eficiente planta de tratamiento de aguas residuales y la red de alcantarillado no cubre todas las zonas urbanas y rurales circundantes, esto causa que los sistemas de aguas residuales y las escorrentías urbanas contribuyan transportando contaminantes plásticos directamente a cuerpos de agua, siendo el río Nanay uno de los más afectados debido a su importancia para la provisión de agua a potable a la ciudad de Iquitos. Además, la ausencia de rellenos sanitarios que satisfagan la demanda de la población, la ineficiente gestión de los residuos sólidos en los botaderos y la escasa cultura ambiental de la población incrementan los altos niveles de contaminación de los ríos.

Además de la fuente continua de contaminación descrita anteriormente, durante la época de vaciante las playas se ven influenciadas

tanto por el alto flujo de visitantes que las usan para esparcimiento y de los que lo utilizan como parte de sus medios de vida. Estos eventos explican parcialmente la presencia de contaminantes plásticos en las playas Padrecocha y Manacamiri debido a la proximidad a zonas turísticas y comunidades rurales como se observó durante el muestreo. Sumado a las fuentes, la inadecuada gestión y el escaso control por parte de las autoridades en el manejo de residuos sólidos contribuye a la presencia de contaminantes plásticos.

La presencia de MP en las playas Padrecocha y Manacamiri podría estar asociado a diferentes aportes de la red hidrográfica, principalmente los provenientes de aguas arriba, que son depositados en los sedimentos cuando la velocidad media del flujo de agua promueve el transporte de las partículas (84). Asimismo, la contaminación por MP en los sedimentos fluviales puede estar mayormente influenciada por la hidráulica local (7). Los ríos amazónicos están sujetos a una gran variabilidad en el flujo de agua causada por patrones de precipitación. Las lluvias caen de forma irregular durante el año, provocando fluctuaciones del nivel del agua en los ríos. Por lo general, el período de lluvias y las inundaciones resultantes se producen entre diciembre y mayo, y la estación más seca (precipitación mensual <100mm) dura de junio a octubre (48), es en esta última en la que se evidencia la formación de las playas.

La existencia de estos contaminantes sugiere efectos negativos en la salud del sistema socio-ecológico (85). Las dimensiones de las partículas causan impactos de diferente tipo y magnitud, siendo las inferiores a 10 μm , las más tóxicas para la biota, en comparación con las partículas de plástico de mayor tamaño (86). Por lo tanto, es importante obtener información cualitativa y cuantitativa de los MP para contribuir a determinar el grado de toxicidad en los organismos (87). En consecuencia, la presencia de MP genera una alerta sobre su ocurrencia y magnitud para la biota amazónica, siendo necesario tomar acciones inmediatas para mejorar la gestión de residuos sólidos, esto incluye infraestructuras de tratamiento de aguas acciones de gestión en el manejo de residuos sólidos.

5.2. Conclusiones

- Según la forma, los contaminantes plásticos se caracterizaron en fragmentos y filamentos, siendo estos últimos los más abundantes.
- El azul fue color más abundante, representando el 33.3%, seguido del rojo (24.3%) y negro (21.6%).
- De las 111 partículas encontradas, el 93.7% (104 partículas) corresponde a microplástico, mientras que sólo el 6,3% (7 partículas) presentan tamaños de mesoplástico.
- La abundancia de contaminantes plásticos en la playa Padrecocha es de 9.8 partículas/kg mientras que en la playa Manacamiri es de 8.7 partículas/kg.
- Las playas evaluadas del río Nanay presentaron contaminantes plásticos en diferentes grados de degradación pero en bajas densidades, por los cuales fueron clasificadas como “muy limpias”.

5.3. Recomendaciones

A partir del presente trabajo de investigación se sugiere que se continúe la evaluación de ambientes acuáticos amazónicos por su gran importancia para el desarrollo económico y por lo que representa para la salud de la población. Asimismo, para estudios más específicos se deben tener en consideración la dinámica hidrológica.

Con los datos obtenidos la siguiente pregunta a resolver es sobre las posibles fuentes y el destino de las partículas de plástico, para así poder determinar sus impactos en los ecosistemas amazónicos.

La contaminación por plásticos en diversos ecosistemas es real, y la presencia de microplásticos es cada vez más alarmante. Por lo que se debe tomar decisiones importantes para mejorar las instalaciones de gestión de residuos sólidos en esta parte de la amazonia peruana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Menos plástico más vida. Online. [Accessed 14 June 2022]. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/minam/campa%C3%B1as/26-menos-plastico-mas-vida>
2. LLERENA, Solis and ABRAHAM, Franco. Diagnóstico de la problemática de los residuos sólidos urbanos en el ámbito del Municipio Provincial de Maynas, Iquitos - Perú, 2014. *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*. Online. 2015. [Accessed 18 July 2021]. Available from: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4993>
3. JARA HERRERA, Cleto. Diagnóstico de los residuos sólidos plásticos municipales generados en la ciudad de Iquitos y propuesta de alternativas de solución. *Universidad Nacional de Trujillo*. Online. 3 March 2017. [Accessed 18 July 2021]. Available from: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7973>
4. LEBRETON, Laurent and ANDRADY, Anthony. Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*. 29 January 2019. Vol. 5, no. 1, p. 1–11. DOI 10.1057/s41599-018-0212-7.
5. ANDRADY, Anthony L. The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 15 June 2017. Vol. 119, no. 1, p. 12–22. DOI 10.1016/j.marpolbul.2017.01.082.
6. LEBRETON, Laurent, et al.. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*. 7 June 2017. Vol. 8, no. 1, p. 1–10. DOI 10.1038/ncomms15611.
7. GEROLIN, Cristiano Rezende, et al. Microplastics in sediments from Amazon rivers, Brazil. *Science of The Total Environment*. 20 December 2020. Vol. 749, p. 141604. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.141604.
8. MARTINELLI FILHO, José Eduardo; MONTEIRO, Raqueline Cristina Pereira. Widespread microplastics distribution at an Amazon macrotidal sandy beach. *Marine Pollution Bulletin*. 1 August 2019. Vol. 145, p. 219–223. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.05.049.

9. LUCAS-SOLIS, Oscar et al. Preliminary Assessment of Plastic Litter and Microplastic Contamination in Freshwater Depositional Areas: The Case Study of Puerto Misahualli, Ecuadorian Amazonia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. July 2021. Vol. 107, no. 1, p. 45–51. DOI 10.1007/s00128-021-03138-2.
10. CAPPARELLI, Mariana Velloso, et al. An integrative approach to identify the impacts of multiple metal contamination sources on the Eastern Andean foothills of the Ecuadorian Amazonia. *Science of The Total Environment*. 20 March 2020. Vol. 709, p. 136088. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.136088.
11. SHARMA, Shivika and CHATTERJEE, Subhankar. Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*. 1 September 2017. Vol. 24, no. 27, p. 21530–21547. DOI 10.1007/s11356-017-9910-8.
12. TSANG, Y. Y., et al. Microplastic pollution in the marine waters and sediments of Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*. 15 February 2017. Vol. 115, no. 1, p. 20–28. DOI 10.1016/j.marpolbul.2016.11.003.
13. FREE, Christopher M., et al. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*. 15 August 2014. Vol. 85, no. 1, p. 156–163. DOI 10.1016/j.marpolbul.2014.06.001.
14. KUTRALAM-MUNIASAMY, Gurusamy, et al. Review of current trends, advances and analytical challenges for microplastics contamination in Latin America. *Environmental Pollution*. 1 December 2020. Vol. 267, p. 115463. DOI 10.1016/j.envpol.2020.115463.
15. IANNACONE, José, et al. Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 23 April 2021. Vol. 32, no. 2, p. e20038–e20038. DOI 10.15381/rivep.v32i2.20038.
16. CHOTA-MACUYAMA, Werner and CHONG MENDOZA, Jhancarlo. PRIMER REGISTRO DE INGESTIÓN DE MICROPLÁSTICOS POR UN PEZ DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN LA CIUDAD DE IQUITOS, AMAZONIA PERUANA. *Folia Amazónica*. 28 December 2020. Vol. 29, no. 2, p. 179–188. DOI 10.24841/fa.v29i2.521.

17. HORTON, Alice A., et al. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of The Total Environment*. 15 May 2017. Vol. 586, p. 127–141. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.01.190.
18. MANRIQUE, Rubén. *Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú*. Online. 2019. [Accessed 8 July 2021]. Available from: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15030/MANRIQUE_MU%C3%91ANTE_RUB%C3%89N_MICROPL%C3%81STICOS_SEDIMENTOS_FLUVIALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y Repositorio PUCP
19. BRIDSON, James H., et al. Microplastic contamination in Auckland (New Zealand) beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*. 1 February 2020. Vol. 151, p. 110867. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.110867.
20. ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, Clara, et al. Microplastic debris in beaches of Tenerife (Canary Islands, Spain). *Marine Pollution Bulletin*. 1 September 2019. Vol. 146, p. 26–32. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.05.064.
21. GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, María, et al. Monitoring of meso and microplastic debris in Playa Grande beach (Tenerife, Canary Islands, Spain) during a moon cycle. *Marine Pollution Bulletin*. 1 January 2020. Vol. 150, p. 110757. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.110757.
22. PIÑON-COLIN, Teresita de Jesus, et al. Microplastics on sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*. 1 June 2018. Vol. 131, p. 63–71. DOI 10.1016/j.marpolbul.2018.03.055.
23. IANNACONE, Jose, et al. Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero del PERÚ. *The Biologist (Lima)*. Online. 2019. Vol. 17, no. 2. [Accessed 5 July 2021]. DOI 10.24039/rtb2019172369.
24. PURCA, Sara and HENOSTROZA, Aida. Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista Peruana de Biología*. January 2017. Vol. 24, no. 1, p. 101–106. DOI 10.15381/rpb.v24i1.12724.
25. CONGRESO CONSTITUYENTE DEMOCRÁTICO. *Constitución Política del Perú*. Online. 1993. [Accessed 7 July 2021]. Available from:

<http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/Constitucion-Pol%C3%ADtica-del-Peru-1993.pdf>

26. MINISTERIO DE EDUCACIÓN. *Ley Universitaria Ley N° 30220*. Online. 2020. [Accessed 7 July 2021]. Available from: http://www.minedu.gob.pe/reforma-universitaria/pdf/ley_universitaria.pdf

27. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. *Ley General del Ambiente, LEY N° 28611*. Online. 2005. [Accessed 7 July 2021]. Available from: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>

28. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos DL.1278*. Online. 2017. [Accessed 8 July 2021]. Available from: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

29. MINAM. Ley N° 30884 regula consumo de bienes de plástico de un solo uso que generan riesgo para la salud pública y/o el ambiente. *SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental*. Online. 2019. [Accessed 12 July 2021]. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/ley-ndeg-30884-regula-consumo-bienes-plastico-un-solo-uso-que-generan>

30. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338. *Autoridad Nacional del Agua*. Online. March 2019. [Accessed 18 July 2021]. Available from: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/228>

31. SYAKTI, Agung Dhamar, et al. Beach macro-litter monitoring and floating microplastic in a coastal area of Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 15 September 2017. Vol. 122, no. 1, p. 217–225. DOI 10.1016/j.marpolbul.2017.06.046.

32. LIU, Mengting, et al. Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. *Environmental Pollution*. 1 November 2018. Vol. 242, p. 855–862. DOI 10.1016/j.envpol.2018.07.051.

33. FRÈRE, Laura, et al. Microplastic bacterial communities in the Bay of Brest: Influence of polymer type and size. *Environmental Pollution*. 1 November 2018. Vol. 242, p. 614–625. DOI 10.1016/j.envpol.2018.07.023.

34. ROJO-NIETO, Elisa and MONTOTO MARTÍNEZ, Tania. *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Online. Ecologistas en Acción, 2017. [Accessed 5 July 2021]. ISBN 978-84-946151-9-1. Available from: <https://accedacris.ulpgc.es/jspui/handle/10553/56275>
35. LECHTHALER, Simone, et al. The Way of Macroplastic through the Environment. *Environments*. October 2020. Vol. 7, no. 10, p. 73. DOI 10.3390/environments7100073.
36. HAN, Li-Hua, et al. Levels, Characteristics, and Potential Source of Micro(meso)plastic Pollution of Soil in Liaohe River Basin. *Huan jing ke xue= Huanjing kexue*. 1 April 2021. Vol. 42, no. 4, p. 1781–1790. DOI 10.13227/j.hjcx.202006186.
37. EL HADRI, Hind, et al. Nanoplastic from mechanically degraded primary and secondary microplastics for environmental assessments. *NanoImpact*. 1 January 2020. Vol. 17, p. 100206. DOI 10.1016/j.impact.2019.100206.
38. ZHANG, Dongdong, et al. Microplastic pollution in deep-sea sediments and organisms of the Western Pacific Ocean. *Environmental Pollution*. 1 April 2020. Vol. 259, p. 113948. DOI 10.1016/j.envpol.2020.113948.
39. GUZMAN, Yolanda, et al. Diagnóstico y marco estratégico para la gestión integrada de la cuenca del Río Nanay, Loreto. Online. IIAP Y PUCP, 2019. [Accessed 12 July 2021]. Available from: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BC90DDE0F044B03D05257B7200771A18/\\$FILE/ESTRATEGIA-NANAY.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BC90DDE0F044B03D05257B7200771A18/$FILE/ESTRATEGIA-NANAY.pdf)
40. IIAP. NANAY. *El país de los Iquito. Un modelo de gestión comunal de la biodiversidad amazónica*. 2006.
41. IIAP. *Propuesta de Zonificación Ecológica Económica de la cuenca del río Nanay. Volumen II. Medio Físico. Proyecto Conservación de la Biodiversidad y manejo comunitario de los recursos naturales de la cuenca del río Nanay*. Online. 2002. [Accessed 15 July 2021]. Available from: http://terra.iiap.gob.pe/assets/files/meso/03_zee_nanay/Medio_Fisico_ZEE_Nanay.pdf

42. IIAP. Propuesta de Zonificación Ecológica Económica de la cuenca del río Nanay. Volumen I. (versión validada). *Proyecto Conservación de la Biodiversidad y manejo comunitario de los recursos naturales de la cuenca del río Nanay*. 2002.
43. IIAP. *Geología e Hidrogeomorfología del Río Amazonas - Sector Islas Muyuy y Panguana*. 1996. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP). Iquitos
44. BASILE, Pedro A. Transporte de Sedimentos y Morfodinámica de Ríos Aluviales. Online. UNR Editora. *Editorial de la Universidad Nacional de Rosario.*, 2018. [Accessed 14 June 2022]. ISBN 978-987-702-257-5. Available from: <http://rephip.unr.edu.ar/xmlui/handle/2133/10738>
45. GUTIERREZ, Ronald R., et al. Characterization of confluences in free meandering rivers of the Amazon basin. *Geomorphology*. 1 September 2014. Vol. 220, p. 1–14. DOI 10.1016/j.geomorph.2014.05.011.
46. FRIAS, Christian E. and ABAD, Jorge D. Mean and turbulent flow structure during the amalgamation process in fluvial bed forms. *Water Resources Research*. 2013. Vol. 49, no. 10, p. 6548–6560. DOI 10.1002/wrcr.20456.
47. SALO, Jukka, et al. River dynamics and the diversity of Amazon lowland forest. *Nature*. July 1986. Vol. 322, no. 6076, p. 254–258. DOI 10.1038/322254a0.
48. KALLIOLA, Risto, et al. New Site Formation and Colonizing Vegetation in Primary Succession on the Western Amazon Floodplains. *Journal of Ecology*. 1991. Vol. 79, no. 4, p. 877–901. DOI 10.2307/2261087.
49. BIODAMAZ, IIAP–Proyecto. *Diversidad de vegetación de la Amazonía Peruana expresada en un mosaico de imágenes de satélite*. 2004. 12
50. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE LA AMAZONÍA PERUANA (ed.). *Nanay: el país de los Iquito: un modelo de gestión comunal de la biodiversidad amazónica*. . Lima : Instituto de Investiaciones de la Amazonía Peruana, 2006. ISBN 978-9972-667-33-6. QH128 .N36 2006
51. VÁSQUEZ-RAMÍREZ, Mauro; BALUARTE-VÁSQUEZ, Juan Rommel. La extracción de productos forestales diferentes de la madera en el

ambito de iquitos–perú. *Folia Amazónica*, 1998, vol. 9, no 1-2, p. 69-92. DOI 10.24841/fa.v9i1-2.155.

52. ÁLVAREZ, José and SHANY, Noam. Una experiencia de gestión participativa de la biodiversidad con comunidades amazónicas. *Revista Peruana de Biología*. August 2012. Vol. 19, no. 2, p. 223–232.

53. CORREA, Ericka and ORTEGA, Hernán. Diversidad y variación estacional de peces en la cuenca baja del río Nanay, Perú. *Revista Peruana de Biología*. April 2010. Vol. 17, no. 1, p. 37–42.

54. FRIAS, J. P. G. L. and NASH, Roisin. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*. 1 January 2019. Vol. 138, p. 145–147. DOI 10.1016/j.marpolbul.2018.11.022.

55. JEMEC KOKALJ, Anita, et al. An exploratory ecotoxicity study of primary microplastics versus aged in natural waters and wastewaters. *Environmental Pollution*. 1 November 2019. Vol. 254, p. 112980. DOI 10.1016/j.envpol.2019.112980.

56. BOUCHER, J. and FRIOT, D. *Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources*. Online. IUCN International Union for Conservation of Nature, 2017. [Accessed 20 August 2022]. ISBN 978-2-8317-1827-9.

57. KOLE, Pieter Jan, et al. Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. October 2017. Vol. 14, no. 10, p. 1265. DOI 10.3390/ijerph14101265.

58. JAIKUMAR, Gayathri, et al. Reproductive toxicity of primary and secondary microplastics to three cladocerans during chronic exposure. *Environmental Pollution*. 1 June 2019. Vol. 249, p. 638–646. DOI 10.1016/j.envpol.2019.03.085..

59. LI, Wai Chin; TSE, H. F.; FOK, Lincoln. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of The Total Environment*. 1 October 2016. Vol. 566–567, p. 333–349. DOI 10.1016/j.scitotenv.2016.05.084.

60. GEYER, Roland, JAMBECK, Jenna R. and LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 1 July 2017. Vol. 3, no. 7, p. e1700782. DOI 10.1126/sciadv.1700782.
61. OLIVATTO, Glauca, et al. Microplastics: Contaminants of Global Concern in the Anthropocene. *Revista Virtual de Química*. 2018. Vol. 10, no. 6, p. 1968–1989. DOI 10.21577/1984-6835.20180125..
62. CHOY, C. Anela, et al. The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*. 6 June 2019. Vol. 9, no. 1, p. 7843. DOI 10.1038/s41598-019-44117-2.
63. DEFENSORÍA DEL PUEBLO. Informe Defensorial N° 181 – ¿Dónde va nuestra basura? *Defensoria del Pueblo - Perú*. Online. 2019. [Accessed 18 July 2021]. Available from: <https://www.defensoria.gob.pe/informes/informe-defensorial-no-181-donde-va-nuestra-basura/Recomendación para mejorar la gestión de residuos sólidos municipales>
64. FOTOPOULOU, Kalliopi N.; KARAPANAGIOTI, Hrisi K. Degradation of various plastics in the environment. Hazardous chemicals associated with plastics in the marine environment, 2017, p. 71-92. The Handbook of Environmental Chemistry. [Accessed 6 July 2021]. ISBN 978-3-319-95568-1.
65. BROWNE, Mark A., GALLOWAY, Tamara and THOMPSON, Richard. Microplastic—an emerging contaminant of potential concern? *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2007. Vol. 3, no. 4, p. 559–561. DOI 10.1002/ieam.5630030412.
66. LITHNER, Delilah, LARSSON, Åke and DAVE, Göran. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of The Total Environment*. 15 August 2011. Vol. 409, no. 18, p. 3309–3324. DOI 10.1016/j.scitotenv.2011.04.038.
67. LITHNER, Delilah, NORDENSVAN, Ildikó and DAVE, Göran. Comparative acute toxicity of leachates from plastic products made of polypropylene, polyethylene, PVC, acrylonitrile–butadiene–styrene, and epoxy to

Daphnia magna. *Environmental Science and Pollution Research*. 1 June 2012. Vol. 19, no. 5, p. 1763–1772. DOI 10.1007/s11356-011-0663-5.

68. GAVILÁN, Jenny, et al. Microplásticos en contenido estomacal de la “lisa” *Mugil cephalus*, Lima -Perú. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. Online. 18 December 2019. Vol. 5, no. 2. [Accessed 6 July 2021]. DOI 10.17162/rictd.v5i2.885.

69. DE-LA-TORRE, Gabriel. Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista Ciencia y Tecnología*. 2019. Vol. 15, no. 4, p. 27–37.

70. CORREA, Ericka and ORTEGA, Hernán. Diversidad y variación estacional de peces en la cuenca baja del río Nanay, Perú. *Revista Peruana de Biología*. April 2010. Vol. 17, no. 1, p. 37–42.

71. CAMPOS DA ROCHA, Franciele O., et al. Microplastic pollution in Southern Atlantic marine waters: Review of current trends, sources, and perspectives. *Science of The Total Environment*. 15 August 2021. Vol. 782, p. 146541. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.146541.

72. LESLIE, Heather A., et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*. 1 May 2022. Vol. 163, p. 107199. DOI 10.1016/j.envint.2022.107199.

73. IMHOF, Hannes K., et al. Spatial and temporal variation of macro-, meso- and microplastic abundance on a remote coral island of the Maldives, Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin*. 15 March 2017. Vol. 116, no. 1, p. 340–347. DOI 10.1016/j.marpolbul.2017.01.010.

74. HIDALGO-RUZ, Valeria, et al. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*. 20 March 2012. Vol. 46, no. 6, p. 3060–3075. DOI 10.1021/es2031505.

75. TIWARI, M., et al. Distribution and characterization of microplastics in beach sand from three different Indian coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*. 1 March 2019. Vol. 140, p. 262–273. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.01.055.

76. ASLAM, Huda, et al. Evaluation of microplastics in beach sediments along the coast of Dubai, UAE. *Marine Pollution Bulletin*. 1 January 2020. Vol. 150, p. 110739. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.110739.

77. ALKALAY, Ronen, PASTERNAK, Galia and ZASK, Alon. Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*. 1 January 2007. Vol. 50, no. 5, p. 352–362. DOI 10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002.

78. HURLEY, Rachel, WOODWARD, Jamie and ROTHWELL, James J. Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nature Geoscience*. 2018. Vol. 11, p. 251–257. DOI 10.1038/s41561-018-0080-1.

79. YANG, Ling, et al. Microplastics in freshwater sediment: A review on methods, occurrence, and sources. *Science of The Total Environment*. 1 February 2021. Vol. 754, p. 141948. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.141948.

80. RANGEL-BUITRAGO, Nelson, et al. Microplastics pollution on Colombian Central Caribbean beaches. *Marine Pollution Bulletin*. 1 September 2021. Vol. 170, p. 112685. DOI 10.1016/j.marpolbul.2021.112685.

81. BLETTLER, Martín, et al. Massive plastic pollution in a mega-river of a developing country: Sediment deposition and ingestion by fish (*Prochilodus lineatus*). *Environmental Pollution*. December 2019. Vol. 255, p. 113348. DOI 10.1016/j.envpol.2019.113348.

82. LEADS, Rachel and WEINSTEIN, John. Occurrence of tire wear particles and other microplastics within the tributaries of the Charleston Harbor Estuary, South Carolina, USA. *Marine Pollution Bulletin*. 1 August 2019. Vol. 145, p. 569–582. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.06.061.

83. Iquitos: Autoridad Nacional del Agua identifica vertimientos de aguas residuales que perjudican al río Nanay. *Drupal*. Online. [Accessed 20 June 2022]. Available from: <http://www.ana.gob.pe/noticia/iquitos-autoridad-nacional-del-agua-identifica-vertimientos-de-aguas-residuales-que>

84. GUALTIERI, Carlo, et al. A field study of the confluence between Negro and Solimões Rivers. Part 1: Hydrodynamics and sediment transport.

Comptes Rendus Geoscience. 1 January 2018. Vol. 350, no. 1, p. 31–42. DOI 10.1016/j.crte.2017.09.015.

85. ANBUMANI, Sadasivam and KAKKAR, Poonam. Ecotoxicological effects of microplastics on biota: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. 1 May 2018. Vol. 25, no. 15, p. 14373–14396. DOI 10.1007/s11356-018-1999-x.

86. KÖGEL, Tanja, et al. Micro- and nanoplastic toxicity on aquatic life: Determining factors. *The Science of the Total Environment*. 20 March 2020. Vol. 709, p. 136050. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.136050.

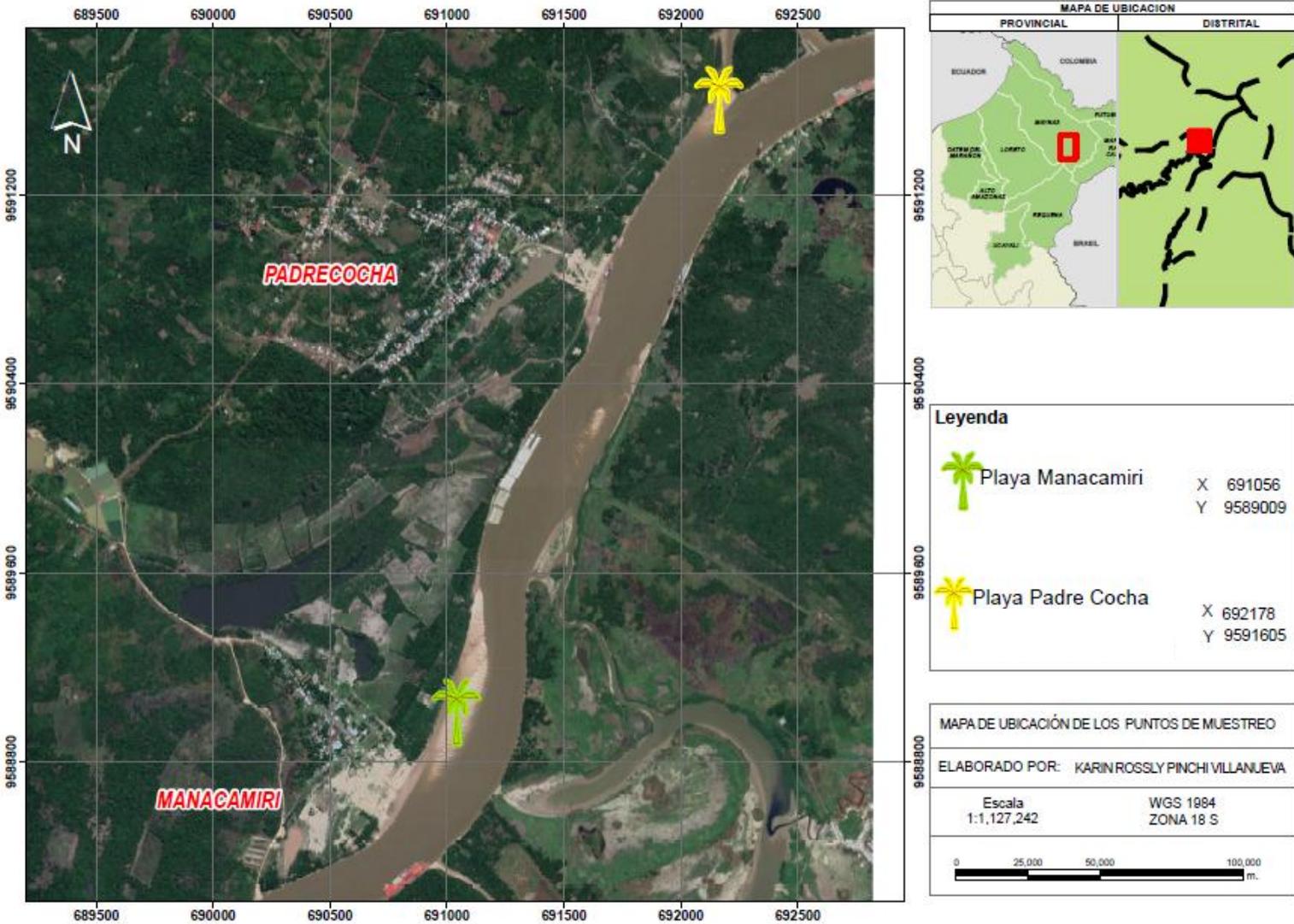
87. BRADNEY, Lauren, et al. Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk. *Environment International*. 1 October 2019. Vol. 131, p. 104937. DOI 10.1016/j.envint.2019.104937.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el grado de contaminación por plásticos en las playas del río Nanay, Región Loreto – 2021?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>-¿Cuáles son las características morfológicas (forma, color y tamaño) de los contaminantes plásticos en las playas del río Nanay, Región Loreto - 2021?</p> <p>-¿Cuál es la abundancia de los contaminantes plásticos en las playas del río Nanay, Región Loreto - 2021?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la contaminación por plásticos en playas del río Nanay, Región Loreto - 2021.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>- Caracterizar los contaminantes plásticos según su morfología (forma, color y tamaño) en las playas del río Nanay, Región Loreto - 2021.</p> <p>-Cuantificar los contaminantes plásticos en las playas del río Nanay, Región Loreto - 2021.</p>	<p>Las playas del río Nanay presentan contaminantes plásticos en diferentes grados de degradación.</p>	<p>Variable Independiente (VI):</p> <p>Playas del río Nanay.</p> <p>Variable Dependiente (VD):</p> <p>Contaminación por plásticos.</p>	<p>Playas con alta afluencia</p> <p>Forma</p> <p>Color</p> <p>Tamaño</p> <p>Abundancia</p>	<p>partículas/kg</p> <p>Fragmento, filamento, película, otras formas.</p> <p>Azul, negro, rojo, rojo/blanco y otros colores.</p> <p>Macroplástico(>25mm), Mesoplástico(5-25mm), microplástico(1mm<5mm)</p> <p>Partículas/kg</p>	<p>Recolección de muestras: Marco metálico de 0,5mx0,5m, frascos de vidrio, cucharón metálico, recipiente metálico, balanza, cinta métrica.</p> <p>Los materiales de laboratorio que se utilizarán: placas petri, matraz, pipeta, pinzas metálicas.</p> <p>Equipos de análisis: Estereoscopio trinocular Nikon, modelo SMZ800, cámara fotográfica Canon EOS Rebel T5i.</p>

Anexo 02: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo



Anexo 03: Instrumento de recolección de datos

N°	FORMA	COLOR	TAMAÑO (mm)	IMAGEN	LUGAR	MUESTRA

Forma: Filamento, fragmento, película, otras formas

Color: Azul, rojo, negro, otras formas