

TITULO: “Identificación de microplásticos en sedimentos laterales del río Ucayali, Perú 2022”.

RESUMEN

El presente proyecto de tesis pretende determinar la presencia de microplásticos en los sedimentos laterales del río Ucayali. Además, tiene por objetivos específicos caracterizar los sedimentos laterales del río Ucayali, determinar la cantidad de microplásticos en los sedimentos laterales y finalmente, identificar el tipo de microplásticos caracterizándolos en formas, colores y tamaños. Para tal fin se estableció una red de monitoreo con puntos significativos para los resultados de esta investigación que constarán de estaciones que abarcarán la zona alta y media del río Ucayali, es decir, se obtendrán muestras de los sedimentos laterales de la zona de Atalaya, Iparia, Masisea y de la ciudad de Pucallpa. Asimismo, se implementó una metodología para el análisis e identificación de las muestras de microplásticos en laboratorio que consistirá en la técnica de oxidación de la materia orgánica y la separación por densidad de microplásticos, posteriormente, la identificación y caracterización de microplásticos se llevará a cabo según colores, tamaños y formas. Lo que esperamos con esta investigación además de generar la información sobre la existencia de microplásticos en los sedimentos del río Ucayali, es crear un antecedente para futuras investigaciones en nuestra región sobre esta problemática ambiental relativamente nueva, hacer que en primera instancia la sociedad civil tome conciencia y que aprenda del tema junto con sus efectos en la salud, de la misma forma, que las autoridades competentes puedan realizar mejores gestiones en temas como residuos sólidos y educación ambiental.

Palabras claves

Contaminación por plástico, microplásticos, residuos sólidos, río Ucayali, sedimentos de ríos

Abstract

This thesis project aims to determinate the presence of microplastics in lateral sediments of the Ucayali river. In addition, its specific objectives are to characterize the lateral sediments of the Ucayali river, determine the amount of microplastics in lateral sediments and finally, identify the type of microplastics characterizing them in shapes, colors and sizes. For this purpose, a monitoring network was established with significant points for the results of this investigation that will consist of stations that will cover the upper and middle zone of the Ucayali river, namely, samples will be obtained from lateral sediments of Atalaya, Iparia, Masisea and Pucallpa city. Likewise, a methodology was implemented for the analysis and identification of microplastic samples in the laboratory, which will consist of the organic matter oxidation technique and the separation by density of microplastics, subsequently, microplastics identification and characterization will be carried out according to colors, sizes and shapes. What we expect with this research, in addition to generating information on the existence of microplastics in

Ucayali river sediments, is to create a precedent for future researches in our region on this relatively new environmental problem, to make civil society aware in the first instance and that they learn about the subject along its effects on health, in the same way, the competent authorities can carry out better management on issues such as solid waste and environmental education.

Keywords

Microplastics, plastic pollution, river sediments, solid waste, Ucayali river

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presencia del plástico en la vida humana data de muchos años atrás, desde la existencia de los polímeros naturales hasta la aparición de los plásticos sintéticos, con los que convivimos en la actualidad. Su evolución y persistencia en el mundo se debe a sus características principales: resistencia, ligereza y bajos precios. Y su consumo continúa creciendo en la actualidad (García, 2009).

La producción mundial del plástico en el mundo en el 2019 fue de 368 millones de toneladas de los cuales el 51 % pertenecen a Asia, mientras que América Latina representa el 4 % con 14,720 millones de toneladas (Plastics Europe, 2021). De los cuales el 9% se ha reciclado, el 12% se ha incinerado y el 79% terminan acumulados en vertederos o en entornos naturales (Roland, Jenna, & Lavender, 2017).

En el Perú se generan aproximadamente 1 926 toneladas de residuos plásticos al día donde solo Lima Metropolitana y el Callao representan el 46 % de estos residuos y el consumo per cápita anual es de 30 kg/hab/año, que está cerca al consumo de plástico per cápita de Latino América (31 kg/hab/año) (Salazar Nishi, 2016). A nivel local, la generación de plásticos en las provincias de Atalaya, Coronel Portillo y Padre Abad sumaron un total de 11 317,77 toneladas en el año 2021 (MINAM, 2021).

El plástico es el material más empleado y, por ende, el más “abandonado”. Especialmente en países en donde la gestión de residuos es nula o deficiente esto representa un problema, debido a su fácil dispersión y su alta resistencia a la degradación, el plástico puede estar presente durante varios años en el medio ambiente contaminando cuerpos de agua, suelos e introduciéndose en ecosistemas, afectando así hábitats y hasta la salud humana.

Al estar presente tanto tiempo en el ambiente, los macroplásticos comienzan a pasar por un proceso de fragmentación debido a fenómenos químicos y físicos combinados como la fotólisis y por fenómenos biológicos debido a su degradación por microorganismos convirtiéndose en microplásticos (Castañeta, Gutiérrez, Nacaratte, & Manzano, 2020). Los microplásticos debido a su baja densidad y su tamaño puede encontrarse presente en la atmósfera, en los suelos y en el agua. Se estima que

alrededor del mundo en mares y océanos existen entre 5 y 50 billones de microplásticos (Erik Van, y otros, 2015).

En nuestro país existen algunos estudios que han determinado la presencia de microplásticos en aguas dulces, en sedimentos y también en distintas especies de pescados con alto valor comercial de diferentes partes del Perú. Los estudios sobre concentración de microplásticos en sedimentos de agua dulce en el Perú son recientes, siendo el primer reporte publicado del año 2019 realizado en el río Jequetepeque (Manrique, 2019). En este contexto; no existe estudio que evidencie la presencia de microplásticos en la región Ucayali, específicamente en el río Ucayali, el cual es un cuerpo de agua de vital importancia para nuestra región.

La presente investigación busca determinar la presencia de microplásticos en sedimentos del río Ucayali, el cual servirá como base para próximas investigaciones en especies de pescados comerciales de nuestra región o en otros cuerpos de agua, así como también para la implementación de programas de sensibilización ambiental en temas como este.

II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los microplásticos representan el componente más pequeño de acumulación de residuos plásticos en el mundo, esto debido a su particular y característico tamaño. Al ser introducidos al ambiente en cuerpos de agua como ríos, quebradas, playas, mar y el mismo océano tienden a acumularse en los sedimentos, se vuelven difíciles de identificar y remover e incluso pueden llegar a interferir en la cadena trófica.

Hasta donde conocemos sobre este tema, se han realizado diversos trabajos de investigación sobre microplásticos en sedimentos, cuerpos de agua y especies de la costa peruana, mientras que en la selva se registra solo un estudio de microplásticos en especies de valor comercial, sin embargo, las investigaciones en sistemas de agua dulce como lo ríos son nulo e inexistentes, a pesar de ser estos recursos importantes en esta parte del Perú.

Por esta razón, este trabajo de tesis se enfoca en determinar la presencia de microplásticos en los sedimentos del cuerpo de agua dulce más importante de la región Ucayali, el río Ucayali. Y caracterizarlos posteriormente.

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis general

- Existe presencia de microplásticos en sedimentos laterales del río Ucayali.

3.2. Hipótesis específicas

- Los microplásticos forman parte de la composición de sedimentos laterales del río Ucayali.
- La cantidad de microplásticos en los sedimentos laterales del río Ucayali es considerable a comparación de otros estudios nacionales.
- Existen microplásticos en forma de fibras, fragmentos, películas y esferas en los sedimentos laterales del río Ucayali.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Determinar la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en el río Ucayali.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar los sedimentos laterales del río Ucayali.
- Determinar la cantidad de microplásticos en los sedimentos laterales del río Ucayali.
- Caracterizar e identificar los tipos de microplásticos encontrados en los sedimentos laterales del río Ucayali.

V. ANTECEDENTES

5.1. Antecedentes Internacionales

Singh et al. (2021) en su trabajo de investigación “Características y distribución espacial de los microplásticos en el agua y los sedimentos en el curso bajo del río Ganges” buscaron microplásticos en sedimentos y agua que se obtuvieron en cinco ciudades importantes a lo largo del río Ganges. La metodología para la recuperación de microplásticos fue la digestión orgánica con la reacción de Fenton, el secado, la separación por densidad empleando NaCl, el filtrado y el uso de estereoscopio. Como resultado, el número de microplásticos en muestras de sedimentos fue de 17 a 36 items/kg de peso seco y de 10 a 45 mg/kg de peso seco, y para microplásticos en agua fue de 380 a 684 items/1000 m³ y 143 a 340 mg/1000 m³. Además, los microplásticos de color blanco y con forma de película tuvieron mayor presencia en todas las muestras.

Souza (2020) en su investigación “Evaluación de la contaminación por microplásticos en las aguas del Igarapé do Mindu, en el medio urbano de Manaus” tiene como objetivo analizar la distribución de microplásticos en la quebrada Mindu sobre la influencia de régimen hidrológico de la ciudad de Manaus. La metodología consistió en tomar muestras de agua,

degradar la materia orgánica de la muestra y extraer los microplásticos por separación de densidad con solución de NaCl y por último, analizar los polímeros con el espectrofotómetro FTIR. Como resultado, la mayor concentración en diferentes puntos fue de 0,40 g/L y 0,70 g/L para microplásticos y nanoplasticos, respectivamente.

Duque et al (2020) realizó un estudio denominado “Distribución espacial y aumento a través del tiempo de microplásticos en sedimentos de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano” con el objetivo de determinar diferencias espaciales y temporales en distribución, densidad y tipo de microplásticos en los sedimentos de la bahía. El método para obtener los microplásticos de las muestras fue la separación por densidad, consiguientemente las partículas encontradas fueron clasificadas y medidas por microscopía óptica. El resultado obtenido fue de 11 y 1 354 partículas/kg, con promedios de 194,9 +- 51,3 para el año 2015 y 359,6 +- 88,0 partículas/kg para el 2019. Los autores también indican que las fibras constituyeron la forma más común entre los microplásticos, 63,7% en 2015 y 56,03% en 2019.

Calderón et al (2020) en su investigación titulada “Caracterización y cuantificación de microplásticos en los sedimentos y la columna de agua del río Magdalena en la ciudad de Neiva, Colombia” tuvo como objetivo estudiar el contenido de microplásticos según su forma en muestras de agua y sedimentos en el río Magdalena. La metodología consistió en la recolección de muestras de sedimentos en tres diferentes puntos del río, el secado de estas, la separación por densidad usando una solución hipersalina con NaCl y finalmente el uso de un microscopio óptico para clasificar los microplásticos. Los resultados indican que el número de microplásticos encontrados es 999, con mayor abundancia en la salida de la ciudad de Neiva.

Donoso (2018) en su investigación denominada “Cuantificación de la presencia de microplásticos en la cuenca alta del río Guayllabamba” donde tiene como objetivo cuantificar los microplásticos en la cuenca alta del río Guayllabamba. La metodología se desarrolló de la siguiente manera: toma de muestras de agua con una red de malla de 250 μm , digestión de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno al 30%, separación por densidad con solución de NaCl y el conteo de microplásticos. Como resultado, se encontraron 1 785,49 Microplásticos/ m^3 en todos los puntos de muestreo, teniendo el punto M5 del río Guayllaba 1 584,23 Microplásticos/ m^3 .

Sáenz (2019) realizó una investigación titulada “Contaminación por microplásticos en un lago endorreico de tierras bajas: El caso de Petén Itzá” cuyo objetivo fue evaluar la contaminación por microplástico caracterizando sus principales fuentes y de esta forma estimar su abundancia relativa en el lago Petén Itzá. La metodología que utilizó para la identificación de microplásticos fue muestrear el cuerpo de agua con una res de 333 μm de luz, uso de tamices de 5 mm y 0,210 mm, secado, eliminación de materia orgánica a través de la oxidación húmeda y

conteo con microscopio con aumento de 40X. Como resultado se identificaron 147 588,8 microplásticos/km².

Lechthaler et al. (2021) en su investigación denominada “Estudio de referencia sobre microplásticos en ríos indios bajo diferentes influencias antropogénicas” cuyo objetivo fue centrarse en la carga de microplásticos en tres ríos del sur de la India. La metodología empleada para separar los microplásticos de las muestras fue hecha con aceite de canola debido a las propiedades lipofílicas de los plásticos para ser atraídos por el aceite, luego se analizaron los polímeros con el espectrofotómetro FTIR. Los resultados mostraron una concentración promedio de 0,4 partículas de microplásticos/L en dos ríos de la ciudad de Chennai, mientras que un río rural cerca de Munnar hubo una concentración promedio de 0,2 partículas de microplásticos/L.

León et al. (2020) en su trabajo de investigación “Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular” tuvo como objetivo muestrear 157 arroyos y ríos de la España peninsular para la identificación de microplásticos. En la metodología, las muestras fueron procesadas en primera instancia por filtros de nylon de 50 μ m de poro, luego se eliminó la materia orgánica con agua oxigenada comercial, se hizo una primera identificación con lupa binocular y posteriormente se analizaron los polímeros con espectrofotometría infrarroja FTIR. Los resultados nos indican que más del 70% de las muestras contienen microplásticos y la mayoría son de tipo fibras, fragmentos y películas; además, se lograron identificar 33 polímeros diferentes.

Rezende et al. (2020) en su investigación “Microplásticos en sedimentos de los ríos Amazónicos, Brasil” han tenido como objetivo evaluar las concentraciones de microplásticos en muestras de sedimentos recolectadas en siete sitios del lecho de los ríos Solimoes, Negro y Amazonas. La metodología inicialmente tuvo lugar con el tamizado con mallas de 63 μ m, luego se eliminó la materia orgánica con H₂O₂ al 30% y separación por densidad con soluciones de ZnCl₂ y finalmente se observaron las partículas con un estereomicroscopio. Como resultado obtuvieron concentraciones que variaron de 417 a 8 178 partículas/kg en sedimento seco (microplásticos: 0,063 - 5 mm) y de 0 a 5 725 partículas/kg en sedimento seco (microplásticos: 0,063 - 1 mm).

Peng et al. (2018) desarrollaron una investigación titulada “Microplásticos en sedimentos de ríos de agua dulce en Shanghái, China: un estudio de caso de evaluación de riesgos en mega ciudades” con el objetivo de comprender la distribución de los microplásticos en los ríos urbanos por medio de la investigación de los sedimentos de los ríos en Shanghái. La metodología se basó en muestrear siete sitios en los distritos centrales de la ciudad, además se realizó separación por densidad, inspección microscópica y análisis con el espectrofotómetro FT-IR. La cantidad promedio de microplásticos en seis metros fue de 802 ítems/kg de peso seco donde el tipo de partícula con más presencia en los sedimentos son las esferas blancas.

5.2. Antecedentes Nacionales

Por su parte, Manrique (2019) en su investigación denominada “Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú” menciona que tuvo como objetivo determinar la presencia de microplásticos en sedimentos superficiales de la desembocadura del río en mención. La metodología que usó para la identificación de los microplásticos fue la espectroscopia RAMAN, además los microplásticos fueron clasificados en función de su forma, color y tipo de polímero. Como resultado obtuvo la presencia de 18 ítems de microplásticos, entre fragmentos y películas, compuestos en un 50% por polietilenos, 44% por polipropilenos y un 5.6% de poliestirenos. En cuanto al color el 44.4% era de color amarillo, 16.7% de color rojo, el 11.1% del color azul, 5.6% en color verde y finalmente un 22.2% es del color blanco.

Asimismo, Huanaco (2019) con su trabajo de investigación “Diagnostico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rímac” buscó determinar la presencia de microplásticos en los sedimentos laterales de la cuenca baja del Río Rímac, para la cual estableció una red de monitoreos dividida en 7 estaciones tanto en temporada de avenida y temporada de estiaje. Junto a ello se implementó una metodología para el análisis e identificación de los microplásticos, la cual estaba basada en la oxidación de la materia orgánica y la separación por densidad. Debido a la investigación se identificó 538,9 MPs/m² en noviembre de 2017 (temporada de avenida), y 16 566,7 MPs/m² en agosto de 2018 (temporada de estiaje) en las siete estaciones de monitoreo de la cuenca baja del río Rímac. Los microplásticos identificados correspondieron a los tipos denominados poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato. Las formas predominantes de microplásticos fueron fragmento, filamento y película

De igual modo, Martínez y Quispe (2021) dentro de su investigación titulada “Caracterización de microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del Río Lurín y Chillón” nos dice que tuvo la finalidad de determinar la presencia de microplásticos en sedimentos fluviales del río Lurín y Chillón. Para la obtención de microplásticos los autores tomaron 4 puntos de muestreos en cada río que abarcaban desde la cuenca baja hasta su desembocadura, en cada muestra se realizó separación física mediante diferentes tamices para luego ser separadas debido a su densidad y observadas en el microscopio para su caracterización. Finalmente se empleó la espectroscopia infrarroja FTIR para determinar el tipo de polímero. De la investigación se determinó la presencia de microplásticos de los tipos polipropileno, poliestireno de alta densidad y poliestireno en las estaciones del río Lurín. Así mismo, polipropileno poliestireno de alta densidad y tereftalato de polietileno identificados en las estaciones del río Chillón.

Melgarejo (2022), dentro de su investigación denominada “Microplásticos del agua y sedimento en relación con su acumulación

en peces y crustáceos de la cuenca baja del Rio Lacramarca (Ancash, Perú)” menciona que tuvo como objetivo evaluar la relación entre los microplásticos del agua y del sedimento con la acumulación en peces y crustáceos del Rio Lacramarca, para ello seleccionó las estaciones de muestreo en base a la actividad agrícola y antrópica las cuales comprendieron una extensión de 5300 m de cauce del río. Obteniendo como resultado que las cantidades de microplásticos del agua y del sedimento fueron de 93 556 MPs/m y de 725 MPs/kg respectivamente, de los cuales los fragmentos representan el 87.5 % y 92.9 %, respectivamente. Los fragmentos pequeños (10-20 μm) y medianos (21-200 μm) así como las microesferas pequeñas (1020 μm) de diversos colores estuvieron en mayor proporción. En cuanto al resultado de los peces, los fragmentos abundaron más en el estómago y branquias de (15 a 40 MPs/org.). En camarones los fragmentos fueron los más abundantes (0.7 a 50 MPs/org.). Los filamentos y microesferas fueron los de menor proporción en el agua, sedimento y en los peces y camarones.

De la misma manera, Ríos (2017) menciona en su investigación titulada “Caracterización de microplásticos e identificación de su origen, en el balneario de Costa Azul, Ventanilla-Callao” que tuvo la finalidad de caracterizar e identificar el origen de los microplásticos en el Balneario “Costa Azul”. Para ello, ubicó 9 puntos de muestreo de forma horizontal hacia la orilla del cuerpo de agua de donde recogió las muestras para luego tamizarlas, pesarlas y finalmente analizarlas en el espectrofotómetro infrarrojo FTIR. Como resultado de su investigación obtuvo presencia de polímeros por muestras como el polietileno y el polipropileno. Además, menciona que el posible origen de los microplásticos serían el río Chillón ya que a sus alrededores existe establecimientos dedicados al reciclaje; también, la contaminación por residuos sólidos por medio de la población aledaña.

Por su lado, Lozada y Romero (2021) en su estudio denominado “Estudio de las características de los microplásticos en las playas de arena del Perú” tuvo como objetivo conocer los estudios de las características de los microplásticos en playas de arena del Perú. Utilizando el diseño metodológico de una investigación de análisis documental y aplicando el meta análisis obtuvo como resultados que el color de microplásticos más comunes en resultados de investigaciones nacionales son de color azul, blanco, negro, amarillo y rojo, los tipos de microplásticos más representativos fueron los polímeros de polietileno y polipropileno. Finalmente, se identificó que los microplásticos con mayor peso fueron de 5.14 gr.m² y 3.98 gr.m².

Asimismo, Dávila y Montalván (2021) realizaron la investigación denominada “Análisis de la presencia de microplásticos en la arena de las playas de la costa sur del Perú” con la finalidad de determinar la presencia de microplásticos en las playas “Montecarlo” y “Pozos de Lisas” en Ilo. La metodología empleada fue una fusión entre la metodología de Besley con la Guía nacional de muestreos de suelos del

MINAM, luego de ello las muestras fueron separadas, pesadas y finalmente analizadas. Los resultados obtenidos en la investigación fueron de 0.011358 gr/cm^3 en la playa Montecarlo y de 0.019692 gr/cm^3 en la playa Pozo de Lisas.

Por otro lado, Pinedo (2019) en su trabajo de investigación denominado “Evaluación del nivel de contaminación por microplásticos en las playas de Lima: Chorrillos (playa Pescadores), Ancón (playa D'onofrio) y Pucusana (playa Pucusana)” tuvo como objetivo determinar el nivel comparativo de contaminación por microplásticos y caracterización de los mismos encontrados en las playas de Lima para ello seleccionó 6 estaciones de muestreos con dimensiones de $0,5 \text{ m} \times 0,5\text{m}$ y una profundidad de $0,05\text{m}$, esta de forma horizontal hacia la orilla. Obteniendo como resultado un recuento de microplásticos en promedio de 43,33 ítems en la playa Pescadores, una cantidad de 98,66 ítems en la playa D'onofrio y en la playa Pucusana una cantidad de 34 ítems de microplásticos.

A su vez, Benavente (2021) mediante su investigación “Determinación de la presencia de Microplásticos en nueve playas de Camaná-Arequipa y Programa de Sensibilización” tuvo como objetivo determinar e identificar los microplásticos presentes en playas de Camaná - Arequipa y realizar un programa de sensibilización ambiental. La metodología de trabajo consistió primero en realizar el muestreo, posteriormente el tamizaje, seguido de la separación de micro plásticos, filtración, secado, cuantificación, separación de colores y la identificación. Los resultados evidenciaron que la playa con mayor número de microplásticos es la playa La Miel con 1382 microplásticos/ m^2 , le sigue La Playuela con 599 microplásticos/ m^2 . Asimismo, de la encuesta realizada para conocer acerca del conocimiento que tienen los pobladores sobre de los micro plásticos el 80% no tiene conocimientos de este tema.

Asimismo, Ordoñez y Sánchez (2019) en su investigación “Identificación de Microplásticos en Recursos Hidrobiológicos: Agua y Especies de Importancia Comercial; *Odontesthes Bonariensis* y *Orestias Luteus* en el Lago Titicaca - Bahía De Puno”, estudió la presencia de microplásticos en el Lago Titicaca mediante 3 estaciones de muestreo con una muestra de agua por estación y dos especies de importancia ecológica. Donde se logró identificar presencia de microplásticos en todas las muestras, teniendo en promedio de $175,916.6667 \text{ mp/m}^3$ en agua superficial y $22,583.3433 \text{ mp/m}^3$ en columnas de agua, para el caso de las especies se encontró un promedio de $25.4056 \text{ mp/individuo}$ en *O. Luteus* mientras que para el *O. bonariensis* se encontró un promedio de $33.3223 \text{ mp/individuo}$. Llegando a la conclusión que, el Lago Titicaca se suma a los cuerpos de agua afectados por microplásticos y que los mismos, son ingeridos por diferentes especies, poniendo en riesgo a la biota presente y a la población de la región.

VI. MARCO TEORICO

1. Sedimentos en ríos

1.1. Sedimentos en ríos amazónicos

La mayor fuente continental sedimentaria del planeta proviene de los ríos amazónicos. De modo que, los sedimentos se consideran como agente principal que contribuyen a la productividad de la llanura amazónica, a la dinámica fluvial y tienen la capacidad de modelar la geomorfología de los ríos, es decir, influyen en el movimiento o migración de los ríos amazónicos. Reconocer que los ríos transportan agua y sedimentos refleja sus potencialidades para el ecosistema en los siguientes aspectos: conservan la conectividad de los ecosistemas, aportan nutrientes en la llanura amazónica y mantienen el sistema geo climático andino-amazónico. (Guerrero, Villena, Estrada, & Barreto, 2021)

Los sedimentos en el sistema fluvial amazónico provienen de los Andes a aproximadamente 6000 m.s.n.m. que son transportados desde las montañas y van incrementando su carga en el trayecto debido a la erosión de los suelos hasta su llegada a la llanura a aproximadamente 100 m.s.n.m. (Barrantes & Glave, 2014) Según Armijos, los sedimentos finos son erosionados al comienzo de la temporada lluviosa en la región Andina. El flujo de sedimento suspendido grueso en la llanura amazónica está directamente relacionado con la descarga de agua local y, por lo tanto, con la tasa de precipitación río arriba. Los sedimentos medidos en la llanura amazónica se caracterizan por tener aproximadamente un 60% de sedimentos (limo y arcilla) y un 40% de sedimentos gruesos (arena) en los siguientes ríos amazónicos: el Solimões, Amazonas, Madeira o Branco (Armijos, y otros, 2020)

Más de 540 millones de toneladas de sedimentos son transportados cada año en la parte alta del río Amazonas. Dos tercios de los sedimentos suspendidos totales (SST) (359 millones de toneladas/año) provienen del río Ucayali, el 27% del río Marañón (153 millones de toneladas/año) y el 8% (42 millones de toneladas/año) del río Napo. (Armijos, y otros, 2012)

1.2. Tipos de sedimentos

El sedimento es todo aquel material generado por la intemperización de rocas parentales. Tales sedimentos en sistemas fluviales se pueden clasificar como material fino (limo, arcilla) y material grueso (área, grava y cantos rodados). Estos sedimentos pueden encontrarse en el cauce principal del río formando depósitos de sedimentos aluviales cuando son transportados por el agua y depositados por su disminución de la velocidad. (Basile, 2018)

El tipo de material sedimentario de los ríos amazónicos se puede

clasificar según su transporte y tamaño:

- Carga de lavado: Está constituida por un sedimento que casi nunca interactúa con el fondo del río, se compone de arcillas y limos (partículas menores a 0.062 mm). (García M. , 2008) Este sedimento tiene poca inercia y sigue los patrones del agua que los transporta. En época de creciente, los ríos aportan en la recarga de sedimentos finos provenientes de la parte alta de una cuenca, transportando los nutrientes y sustratos necesarios para mantener la biodiversidad de la llanura inundable amazónica. En ese marco, la carga de lavado juega un rol importante en la conectividad lateral del río y no en la morfología del lecho.
- Transporte en suspensión de fondo: Sedimento suspendido en la columna de agua que interactúa con el fondo. Este material está constituido, principalmente, por arenas (partículas mayores a 62 μm) que son constantemente resuspendidas y luego se depositan a una distancia aguas abajo de la cuenca. (García M. , 2008)
- Transporte de fondo: Movimiento de masa de sedimentos en el fondo del río. En ríos de fondo de área, se caracteriza por el movimiento de las dunas y rizos. Depende de las condiciones hidrológicas e hidráulicas y se desplazan a diferentes velocidades bajo características geométricas específicas. (Guerrero, Villena, Estrada, & Barreto, 2021)

1.3. Formación de sedimentos

Los depósitos sedimentales aluviales tienen diferentes comportamientos según los patrones morfológicos del cauce del río que pueden variar por su sinuosidad. Los ríos con un parámetro de sinuosidad (P_s) menor a 1,1, se denominan ríos rectos; los ríos sinuosos tienen un P_s mayor a 1,1 y menor a 1,5; y los ríos meándricos se caracterizan por tener P_s mayor a 1,5. (Basile, 2018)

Los ríos amazónicos meandriformes pasan por un proceso de erosión y depositación en sus bordes en forma simultánea, comúnmente llamados orillares. La parte cóncava u orilla externa produce el socavamiento, desplome y erosión del cauce debido a que el agua adquiere la máxima velocidad y turbulencia en la parte externa del meandro; mientras que en la parte convexa o interna del meandro las aguas se tornan más lentas y superficiales donde los sedimentos se pueden depositar generando playas con pendientes suavemente inclinadas. Estas playas se ubican en la llanura de inundación meándrica que se encuentran en ambos márgenes del río, siendo inundadas en épocas de creciente. El material que conforman las playas es arena fina-limosa, color gris oscuro (húmedo) y gris claro (seca). (Núñez, Calderón, Medina, & Valdivia, 2011)

1.4. Composición de sedimentos

De acuerdo con Doménech (1997), la composición de los sedimentos depende básicamente del material que los originan, este puede ser de origen detrítico, químico u orgánico que por procesos de meteorización u otros procesos que en algunos casos pueden ser influenciados por el hombre llegan a depositarse debido a la disminución de energía del fluido que los transporta, ya sea agua o viento.

Por su lado, Hakanson (1983) menciona que la composición química de un sedimento es resultado de los componentes orgánicos (microorganismos, residuos, detritus) y componentes inorgánicos. Aquellos componentes inorgánicos son producto de la erosión de las rocas sedimentarias además de compuestos generados por la precipitación de sales disueltas tales como sulfatos, carbonatos y sílices, así como también de materiales sueltos y consolidados.

Otros autores denominan a la composición de los sedimentos como altamente heterogénea ya que incluye tanto minerales como compuestos orgánicos (Fuenzalida, 1965). Los sedimentos también están compuestos por partículas silicatadas, es decir, aquellas originadas de la meteorización de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias preexistentes (Marquez & Perez, 2017).

Sin embargo, es importante saber que la composición original de los sedimentos puede cambiar después de su deposición, esto debido a procesos de diagénesis, litificación y metamorfismos (Huerta, 2006).

1.5. Río Ucayali

El origen del río Ucayali de acuerdo a algunos autores se encuentra en el cerro de Huagra a 5329 msnm, el cual junta sus aguas con lagunas hasta tomar el nombre de Apurímac (Godoy, 2005). Para otros estudiosos del tema el Ucayali tiene sus nacientes en el Nevado Mismi a 5597 msnm, en la provincia de Caylloma, región de Arequipa y sigue su curso hasta encontrarse con el Apurímac (Dirección de Hidrografía y Navegación, 2008)

El río Ucayali posee una longitud de 1930 km y a traviesa de sur a norte la región Ucayali (Godoy, 2005). Es un río considerado caudaloso con curso meandrónico y con presencia de pequeñas islas durante su trayecto que varían constantemente de forma y tamaño al pasar los años (Dirección de Hidrografía y Navegación, 2008).

El régimen de sus aguas tiene dos épocas bien diferenciadas: la creciente y la vaciante. La creciente se da entre los meses de noviembre y mayo, donde su punto más alto es alcanzado en los meses de marzo o abril. Por otro lado, la vaciante se presenta en los meses de junio y octubre alcanzando su nivel más bajo en agosto o setiembre,

además, es en la época de vaciante donde forman grandes playas en los meandros de este cuerpo de agua formando largas barreras de sedimentación que son aprovechadas luego como campo de cultivo (Dirección de Hidrografía y Navegación, 2008).

Además, el río Ucayali se divide en Alto Ucayali y Bajo Ucayali. El Alto Ucayali es un sector que comienza desde la confluencia del río Tambo con el río Urubamba, hasta su desembocadura en el río Pachitea. Este sector presenta la característica de ser corrientoso en lo que respecta al recorrido de sus aguas y desde su formación hasta el poblado de Nuevo Bolognesi presenta formaciones laterales extensas de canto rodado conocidas como cashueras (Dirección de Hidrografía y Navegación, 2008).

El Bajo Ucayali comprende desde la desembocadura en el río Pachitea hasta su confluencia con el río Marañón (Dirección de Hidrografía y Navegación, 2008). A diferencia del Alto Ucayali, en este sector se presenta aguas tranquilas con lechos de arena y con orillas bajas e inundables. La ciudad de Pucallpa está comprendida dentro de este sector del río Ucayali (Godoy, 2005).

2. Microplásticos

2.1. Plásticos

La palabra plástico sienta sus raíces en el lenguaje griego “Plastikos”, que describe a un material que puede ser moldeado o modelado permitiéndole así tomar forma de películas, fibras, placas, tubos, botellas, cajas y más productos (Plastics Europe, 2016).

De acuerdo con Díaz (2012), el plástico es un tipo de polímero orgánico que posee la capacidad de deformarse hasta conseguir una forma deseada por el método de extrusión, moldeo, hilado, etc. Se caracterizan por poseer una alta relación entre resistencia y densidad que le permite realizar excelentes funciones como aislante térmico y eléctrico y con buena resistencia a los ácidos y disolventes.

Los materiales plásticos pueden ser obtenidos de productos naturales, tales como el petróleo, la celulosa, el carbón, el gas natural y la sal. Cabe destacar que la única fuente de producción de plásticos es antrópica, es decir, es únicamente atribuible a la actividad humana (Plastics Europe, 2016). Estos polímeros son resistentes, ligeros, duraderos y de bajo costo (Basurto & Flores, 2020).

Se utilizan desde hace muchos años y su bajo costo ha hecho que siga perdurando en el mercado atribuyéndole una infinidad de usos incluso volviéndose imprescindible en muchos ámbitos. Sin embargo, se ha generado un exceso de producción de todo tipo de plástico, lo que unido a su inadecuada disposición final y su escaso porcentaje de reutilización viene acabando con el medio natural (Leon, y otros, 2020).

2.1.1. Microplasticos

Los microplasticos miden entre 5mm y 1mm, estos son generados debido a la degradación química y mecánica del plástico adoptando diferentes formas y tamaños (Basurto & Flores, 2020).

De acuerdo a la NOAA (2015), los microplasticos en el ambiente se encuentran de dos maneras:

- Microplasticos primarios: Se consideran así a los plásticos que fueron manufacturada con las medidas de los microplasticos, es decir, menor a 5mm. Estos tienen una gran variedad de aplicaciones, tales como pasta dental, exfoliantes en cremas, fibra sintética de la industria textil, etc.
- Microplasticos secundarios: Estos son formados debido a la degradación mecánica, foto-oxidativa y biológica de los plásticos de grandes dimensiones, hasta transformarse en pequeños fragmentos plásticos.

2.2. Tipos de plásticos

De acuerdo a la clasificación postulada por Crawford y Butterworth – Heinemann, 1999, los tipos de plásticos más conocidos son los siguientes:

- Termoplásticos: Son polímeros lineales, que pueden estar ramificados o no. Tienen la capacidad de fundirse a altas temperaturas por lo que son considerados propicios para el reciclaje. A comparación de otros tipos de plásticos, los termoplásticos se fabrican y usan en grandes cantidades.
- Termoestables: Son aquellos que son imposibles de fundirse, debido a su estructura molecular. Esto ha ocasionado que el uso de este tipo de material vaya disminuyendo con el transcurso de los años.

2.3. Composición

De acuerdo Marín Galvin et al.,2019, los plásticos están compuestos de 6 principales polímeros:

- Polietileno (PE): Dividido en polietilenos de baja densidad (PEBD) y polietilenos de alta densidad (PEAD). Los de baja densidad son usados en la producción de aislantes de cables eléctricos, botellas para agua, bolsas y tuberías flexibles, juguetes y embalajes, etc. Mientras que los de alta densidad son usados en la elaboración de bolsas, cascos, tuberías de saneamiento, juguetes, etc.

- Policloruro de vinilo (PVC): Usado para la producción de juguetes, envases, envoltorios, películas, tuberías, suelas de zapatos, guantes impermeables, persianas, mangueras, electrodomésticos, etc.
- Polietileno Tereftalato (PET): Polímeros de los que se fabrican las botellas para aceites, cosméticos, gaseosas, radiografías, fibras para la industria textil, etc.
- Polipropileno (PP): Usado en la producción de cuerdas, pañales descartables, envases, baldes, cuerdas, carcasas de baterías para automóviles, tapas de botellas, tuberías para fluidos calientes, etc.
- Poliestirenos (PS): Usados en la elaboración de envases, cubiertos y vasos desechables, heladeras portátiles y para la producción de aislantes térmicos y acústicos, etc.

2.4. Descomposición

La descomposición del plástico se define como el proceso que resulte en el rompimiento de sus grandes cadenas en cadenas cortas de menor peso molecular como algunos monómeros u oligómeros. (Crawford & Quinn, 2017b)

Pueden intervenir varios factores cuando surge el efecto de la degradación del plástico como sus propiedades fisicoquímicas que hace que algunos polímeros sean fuertes y persistentes, por lo que su degradación toma muchos cientos de años. (Caballero, Dueñas, & Rolón, 2019) Por otro lado, los factores de degradación dentro del ambiente al que se expone el material plástico pueden ser dos; degradación abiótica y degradación biótica.

- Degradación abiótica: Se refiere a la meteorización del plástico por factores como la fuerza mecánica, temperatura, luz, gases y agua. Los plásticos pueden romper sus enlaces químicos debido a la exposición a energía en forma de calor (degradación térmica), absorción de radiación UV (degradación foto-oxidativa), la presencia de oxígeno en la atmósfera en forma de ozono y óxidos (oxidación atmosférica) y la adición de moléculas de agua (hidrolisis) (Castañeda & Gutiérrez, 2020). Otra forma de degradación biótica es la degradación mecánica y se da cuando los macroplásticos son sometidos a diferentes formas de estrés mecánico como las corrientes de agua en los ríos y los océanos, además de las olas, las colisiones y abrasión por parte de las rocas y arenas. (Posada, 1994)
- Degradación biótica: Es el deterioro del material plástico por microorganismos biológicos y tiene lugar después de una previa fragmentación de las cadenas largas de los polímeros por el oxígeno, la humedad, el calor y la luz ultravioleta (Posada,

1994). Una vez fragmentadas lo suficiente, las cadenas cortas de carbono de los polímeros ahora son capaces de atravesar las paredes celulares de los microbios que ahora pueden utilizar estos monómeros como fuente de energía antes de convertirlo en biomasa, agua y gases como el dióxido de carbono o metano. Algunas bacterias (sulfur bacteria) y especies de hongos segregan ácido sulfúrico sobre los plásticos (susceptibles a ácidos como el nylon) lo que conlleva a la formación de biopelículas. Además, los insectos también degradan a los plásticos ya sea por perforación o ingesta de estos. (Crawford & Quinn, 2017b)

2.5. Afectación al ambiente

Al momento de ingerir microplásticos contaminados, los organismos acuáticos proveen una ruta viable para la transferencia de químicos tóxicos en sus tejidos, donde los microplásticos actúan como vector de químicos aditivos, puesto que tienen la propiedad de sorber a estos contaminantes químicos hasta 1 millón de veces más que en el entorno acuático sin presencia de microplásticos (Crawford & Quinn, 2017c). En consecuencia, los contaminantes adheridos a los microplásticos llegan a los intestinos de los organismos, donde la desorción de contaminantes químicos es hasta 30 veces mayor que en las condiciones normales del agua de mar. Por lo tanto, los contaminantes desorbidos (liberados) de los microplásticos ingeridos se comienzan a esparcir en los tejidos de los organismos acuáticos. Un ejemplo de los contaminantes que pueden sorber los microplásticos son los Contaminantes Orgánicos Persistentes que tienen la característica de ser lipofílicos, entonces, tienden a bioacumularse y distribuirse fácilmente a lo largo de la cadena alimenticia (Huanaco, 2019).

(Crawford & Quinn, 2017c) en su investigación ha demostrado que los microplásticos de polietileno en forma esférica (3.8 mm), expuestos a 33 diferentes HAPs (hidrocarburos aromáticos policíclicos) por 24 horas tienen una alta afinidad y capacidad de sorción para compuestos carcinogénicos como el benzo[a]pireno y el dibenzo[a,h]pireno. Cabe resaltar que algunos HAPs muestran interacciones con el ADN lo que resulta en efectos genotóxicos y cáncer.

Algunos plásticos tienen aditivos químicos inherentes en su estructura para darle ciertas características como es el caso del ftalatos, que puede ser tóxico, además los monómeros de poliéster y polimetil metacrilato son mutagénicos y causa irritación respiratoria (Crawford & Quinn, 2017c). Otros aditivos químicos son los éteres de polibromodifenilos (PBDEs, por sus siglas en inglés) que son comúnmente adheridos a los plásticos durante su manufacturación pues actúan como retardante de llama y se han encontrado en altos niveles en la colecta de pescado de los mares alrededor de China

(Manrique, 2019). Las investigaciones sugieren que los PBDEs alteran el desarrollo neurológico de niños, incluyendo deterioros en la capacidad intelectual, ya que algunos animales expuestos a PBDEs, durante las primeras 2 semanas de vida, presentaron alteraciones en el sistema nervioso, inmunitario y reproductivo. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades - ATSDR, 2017)

Los microplásticos también son vectores de microorganismos y especies invasoras. Estas partículas de plásticos en el ambiente están adheridos a material orgánico los cuáles pueden servir como alimento de los microorganismos; por consiguiente, existe el potencial de que los microplásticos actúen como vectores en el transporte y la reproducción de colonias de bacterias patógenas. Por otro lado, las especies invasoras pueden usar a los microplásticos como medio de transporte flotante que les permitiría atravesar grandes distancias en los océanos en busca de nuevos hábitats (Castañeda & Gutiérrez, 2020)

VII. METODOLOGÍA

7.1. Lugar de estudio

El lugar de estudio para esta investigación es la cuenca del Alto y medio Ucayali.



Fuente: Google Earth

Importancia del lugar de estudio

La importancia del lugar de estudio radica en su representación para el departamento de Ucayali más aun para la ciudad de Pucallpa ya que además de ser uno de los principales medios de transportes y turismo, el río Ucayali también es considerado como la principal fuente de pesca y debido también a la captación de sus aguas para su posterior

potabilización y distribución a los hogares de toda la ciudad.

Actores principales

Los principales actores del lugar de estudio son los pescadores, turistas, motoristas, comerciantes, aserraderos y la población en general.

7.2. Población y tamaño de muestra

Población

La población considerada es el río Ucayali en toda su extensión.

Muestra

La muestra considerada es el trayecto del río Ucayali desde Atalaya hasta Pucallpa.

7.3. Descripción detallada de los métodos, uso de materiales, equipos o insumos.

a) Diseño de muestreo

El análisis de las muestras de sedimentos se basa en los métodos de laboratorio para el análisis de microplásticos de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés).

El muestreo se realizará mediante 6 estaciones, cada estación con puntos de muestreo que varíaran en cantidad dependiendo de la accesibilidad y la presencia de sedimentos en la zona. Se tomará muestras de los sedimentos laterales del río Ucayali en el tramo ubicado en las orillas de la ciudad de Pucallpa, con la ayuda de un molde de aluminio y palas de tipo jardineras para luego guardarlas en cajas de cartón y ser llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

En el análisis de laboratorio las muestras serán secadas, pesadas y caracterizadas para posteriormente pasar a un proceso de separación mediante el método de “separación por densidad”, donde se rescatan los microplásticos de los sedimentos analizados. Estos microplásticos serán observados con la ayuda de microscopios y pesados con la balanza analítica para determinar sus características básicas (peso, color, forma), luego de ello serán cuantificadas con la finalidad de obtener la relación de cuantos microplásticos se encuentran en un 1kg de muestra de sedimento.

b) Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos, entre otros.

Materiales:

Etapas de investigación	Material	Uso
Muestreo en campo	Libreta de campo	Toma de apuntes
	Wincha	Medición entre puntos de muestreo
	Cuadrante 20x20cm	Delimitación de sedimento muestra
	Cajas de cartón	Almacenamiento y traslado de muestra
	Pala de jardinería	Obtención de muestra
Análisis en laboratorio	Vasos precipitados	Separación de microplásticos
	Tamices de acero	Tamizado de muestras
	Papel filtro	Filtrado de soluciones
	Bagueta de vidrio	Mezcla
	Matraz	Recipiente de soluciones
	Placa Petri	Visualización de microplásticos
	Embudo de vidrio	Filtrado de soluciones

Equipos:

Etapas de investigación	Equipo	Uso
Análisis en laboratorio	Balanza analítica	Pesaje de muestras y microplásticos
	Horno de secado	Secado de las muestras
	Microscopio óptico	Visualización de microplásticos encontrados
	Soporte universal	Filtrado de soluciones

Insumos:

Etapas de investigación	Insumo	Uso
Análisis en laboratorio	Cloruro de sodio (NaCl)	Separación de microplásticos mediante el método de separación por densidad
	Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	Oxidación de materia orgánica en la identificación de

		microplasticos
	Agua destilada	Disolvente en soluciones
	Sulfato de hierro II	Catalizador en el proceso de oxidación

c) Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico

Microplasticos: Los microplasticos son partículas de plásticos miden entre 5mm y 1mm, estos son generados por elaboración primaria y también debido a la degradación química y mecánica de plásticos de mayor tamaño, adoptando diferentes formas y tamaños. (García, 2019)

Sedimentos: Partículas procedentes de rocas o suelos y que son acarreadas por las aguas que escurren o por los vientos. Estas partículas finalmente son depositadas a lo largo del cauce de lagunas, lagos, ríos o el mar. El sedimento que se deposita en un gran cuerpo de agua recibe de esta su estructura y caracteres finales (García & Maza , 2018).

d) Aplicación de prueba estadística inferencial

Para establecer la relación de microplasticos en un volumen de muestra se empleará el programa estadístico SPSS V.28 en el cual se realizará el análisis ANOVA de un solo factor.

7.4. Tabla de recolección de datos por objetivos específicos

Estación	Puntos	Localidad	Coordenadas	Peso	Cantidad	Color	Tipo de plástico
A	A1						
	A2						
	A3						
B	B1						
	B2						
	B3						
C	C1						
	C2						
	C3						
D	D1						

	D2						
	D3						

Fuente: Elaboración Propia

VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Semanas																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Recolección de muestras	X	X	X																	
Traslado de muestras al laboratorio				X																
Análisis de muestras en laboratorio					X	X	X	X	X											
Descripción y procesamiento de resultados										X	X	X								
Procesamiento final de datos													X	X	X	X				
Elaboración de informe final																	X	X	X	X

IX. PRESUPUESTO

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Movilidad para muestreo	Viajes	700	2	1400
Tablero de campo	Unidad	8	2	16
Lapiceros	Unidad	4	2	8
Plumón indeleble	Unidad	5	2	10
Tamices	Unidad	30	2	60
Cajas de cartón	Unidad	1	18	18
Impresión de instrumentos de recolección de datos	Hoja	0.5	30	15
Cuadrante 20cmx20cm	Unidad	30	2	60

Papel filtro	Caja x 100 und	58	1	58
Palas de jardinería	Unidad	15	2	30
Cloruro de sodio	Unidad	50	1	50
Sulfato de hierro (II)	Envase x 500gr	80	1	80
Peróxido de hidrógeno	Unidad	10	2	20
Wincha	Unidad	30	2	60
Botas de goma	Unidad	40	2	80
Guantes quirúrgicos	Caja	45	1	45
Mascarilla	Caja	15	1	15
Microscopio óptico	Unidad	1500	1	1500
Total	s/. 3465.00			

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades - ATSDR. (2017). Resumen de salud pública: Éteres de Polibromodifenilos. Atlanta. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs207.pdf
- Armijos, Crave, Espinoza, Filizola, R, E.-V., P, F., . . . J L, G. (2020). Rainfall control on Amazon sediment flux: synthesis from 20 years of monitoring. *Environmental Research Communications*. doi:<https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab9003>
- Armijos, E., Crave A., Vauchel, P., Fraizy, P., Santini, W., Moquet, J.-S. . . . Guyot, J.-L. (2012). Suspended sediment dynamics in the Amazon River os Peru. *Journal of South American Earth Sciences*, 75-84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.09.002>
- Basurto, V., & Flores, L. (2020). *Análisis bibliométrico sobre la contaminación microplastica en ambientes acuáticos*. Universidad Cesar Vallejo.
- Barrantes, R., & Glave, M. (2014). Amazonía peruana y desarrollo económico. Lima: Instituto de Estudios Peruanos. Obtenido de <https://repositorio.iep.org.pe/bitstream/handle/IEP/601/estudiossobredesiqualdad8.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Basile, P. A. (2018). Transporte de sedimentos y morfo dinámica de ríos aluviales. Rosario: Editorial de la Universidad Nacional de Rosario. Obtenido de [https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/10738/TSyMRA_Pedro A Basile.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/10738/TSyMRA_Pedro_A_Basile.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Benavente, T., & Rosario, V. (2021). Determinación de la presencia de microplasticos en nueve playas de Camaná- Arequipa-Perú y programa de sensibilización. Universidad Católica de Santa María.

- Caballero, S., Dueñas, O., & Rolón, B. (2020). El plástico y sus dos caras. *Convicciones*, 49-52. Obtenido de <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/522>
- Castañeda, G., & Gutiérrez, A. (2020). Microplásticos: Un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud. *Revista Boliviana de Química*, 160-175. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/>
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2017b). 4 - Physiochemical properties and degradation. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00004-9>
- Crawford, C., & Quinn, B. (2017c). 7 - The biological impacts and effects of contaminated microplastics. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00007-4>
- Dávila, Y., & Montalván, R. (2021). Análisis de la presencia de microplásticos en la arena de las playas de la costa sur del Perú. *Sincretismo, revista de divulgación científica*, 01(01), 5–9.
- Dirección de hidrografía y navegación. (2008). *Diagnóstico de la navegabilidad del río Ucayali, Pucallpa*.
- García, M., & Maza, J. (1998). Origen y propiedades de los sedimentos: capítulo 7 del manual de Ingeniería de ríos. Obtenido de <http://dimsec.com/wp-content/uploads/2017/08/Cap-07-MIR-601-Origen-y-Prop-Sedimentos.pdf>
- García, M. (2008). *Sedimentation Engineering*. (A. S. Engineers, Ed.) Virginia. doi:<https://doi.org/10.1061/9780784408148>
- Godoy, E. (2005). *Levantamiento hidrográfico automatizado, para la determinación de la ruta óptima de navegación en el río Ucayali*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Guerrero, L., Villena, D., Estrada, Y., & Barreto, D. (2021). Monitoreo de sedimentos en la cuenca andino-amazónicas como medida de adaptación al cambio climático. Lima: Grupo Impulsor de Acción Climática de la Academia. Obtenido de https://cdkn.org/sites/default/files/files/Monitoreo-de-sedimentos_policy-brief_vf.pdf
- Huanaco, R. (2019). Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rímac. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/19416>
- León, D., Peñalver, P., Ciudad, C., Muñoz, M., Infante, O., Güemes, S., Parrilla, R., & Serrano, L. (2020). Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de España peninsular. *Ecosistemas: revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 29(3), 1–6.
- Lozada, H., & Romero, A. (2021). *Estudio de las características de los microplásticos en las playas de arena del Perú*. Universidad Privada del Norte.
- Manrique, R. (2019). Microplásticos en sedimento fluviales en la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15030>
- Márquez, A., & Pérez, A. (2017). *Sedimentología*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Martínez, J., & Quispe, M. (2021). *Caracterización de microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Lurín y*

- Chillón. Universidad Cesar Vallejo.
- Melgarejo, G. (2022). *Microplásticos del agua y sedimento en relación con su acumulación en peces y crustáceos de la cuenca baja en el río Lacramarca*. Universidad Nacional del Santa.
- MINAM. (2017). Cifras del Mundo y el Perú. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/#:~:text=Cifras%20del%20Per%C3%BA,mil%20bolsas%20por%20cada%20minuto>.
- MINAM. (2021). Composición de Residuos Sólidos Domiciliarios. Obtenido de <https://sistemas.minam.gob.pe/SigersolMunicipal/#/accesoLibre/generacion>
- NOAA. (2015). *Laboratory methods for the analysis of microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments*. Department of Commerce Technical Memorandum.
- Núñez, S., Calderón, E., Medina, L., & Valdivia, W. (2011). Variaciones en el cauce del río Ucayali y su impacto en las terrazas aluviales: sector Tiruntan-Contamana. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima. Obtenido de <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG16-146.pdf>
- Ordoñez, K., & Sánchez, A. (2019). *Identificación de microplásticos en recursos hidrobiológicos: agua y especies de importancia comercial; Odontesthes bonariensis y oreochromis luteus en el lago Titicaca- Bahía de Puno*. Arequipa-Perú.
- PlasticsEurope. (2021). Plásticos - Situación 2020. Obtenido de <https://plasticseurope.org/es/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020/>
- Pérez, A., & Márquez, A. (2017). *Sedimentología*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Posada, B. (1994). La degradación de los plásticos. Universidad Eafit, 67-86. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/16534/document%20%287%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ríos, D. (2017). *Caracterización de los microplásticos e identificación de su origen, en el balneario Costa Azul, Ventanilla-Callao*. Universidad Cesar Vallejo.
- Roland, G., Jenna, J., & Lavender, K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advance, 1-5. Obtenido de <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>
- Salazar Nishi, J. (2016). Análisis del Sector Plástico en el Perú.

XI. ANEXO

MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

TÍTULO: Identificación de microplásticos en sedimentos laterales del río Ucayali, Perú 2022.

ASESOR: Noé Klever Guadalupe Baylón

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>General: ¿Es posible la existencia de MP en sedimentos del río Ucayali?</p>	<p>General: Determinar la presencia de microplásticos en sedimentos laterales del río Ucayali</p>	<p>Principal: Existe presencia de microplásticos en sedimentos del río Ucayali</p>	<p>Variable independiente Sedimentos</p> <p>Variable dependiente Microplásticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> Volumen Masa Área Humedad Tipo Forma Color Cantidad Tamaño
<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Es posible que se encuentre microplásticos en los sedimentos laterales del río Ucayali? ¿Qué cantidad de microplásticos existirá en los sedimentos laterales del río Ucayali? ¿Qué tipo de microplásticos existirá en los sedimentos laterales del río Ucayali? 	<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Caracterizar los sedimentos laterales del río Ucayali Determinar la cantidad de microplásticos en los sedimentos laterales del río Ucayali Caracterizar e identificar los tipos de microplásticos encontrados en los sedimentos laterales del río Ucayali. 	<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los microplásticos forman parte de la composición de sedimentos laterales del río Ucayali La cantidad de microplásticos en los sedimentos laterales del río Ucayali es considerable a comparación a otros estudios nacionales Existen microplásticos en forma de fibras, fragmentos, películas y esferas en los sedimentos laterales del río Ucayali. 		