



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA
Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL
DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA
Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA
DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LINEA DE INVESTIGACIÓN

: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 026-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- 008 presentado por el (la) Bachiller: KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA VERALES.

ARTICULO TERCERO .- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 10 de enero del 2025
- * **HORA** : 15:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

 DR. MILTHON QUISPE HUANCA
 DECANO
 CIP. 47790


 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

 DR. FRANZ JOSEPH BARAHONA VERALES
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1624-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 16553 por el señor (a): KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA quien solicita REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis), el PROVEIDO - N° 1408-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 0113 - 2024 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 0113 - 2024 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024, Correspondiente a la línea de investigación CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS), para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, presentado por el señor (a): KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024 correspondiente a la línea de investigación CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como ASESOR DE INVESTIGACIÓN al (a) la), Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS Dr. MILITON QUISPE NUANCA DECANO CIP. 47790



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN OFICINA DE INVESTIGACIÓN Dr. Efraín Parillo Sosa DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 675-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de julio del 2024.

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 6628, presentado el señor (a) **KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 649 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 79 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 79 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de **doctor o magister** y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DECANO
CIP. 47790


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

cc-
Archivo 2024
Interesado (a)



EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
2	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Mystic Valley Regional Charter School Trabajo del estudiante	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75996347
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-3272-5483
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y calidad ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: San Miguel Coordenadas: Latitud: -15.449506° Longitud: -70.136065° URL Maps: https://maps.app.goo.gl/p5H3jmJLVBNiFWEm6</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Noviembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>



Dr. Efraim Bellido Cossá
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA, identificado con DNI

Nro. 75996347, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024

Asesorado

Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

por:

Es un tema original.

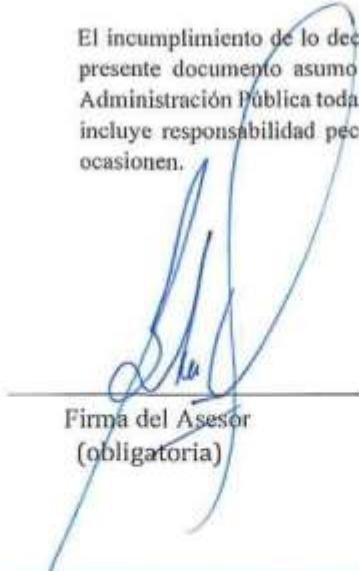
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.


Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliana 10 de enero del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

A Dios por darme fortaleza e iluminar mi camino.

Con todo mi corazón a mis amados padres Raúl y

Saida y a mi querido hermano Bryan.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, Raúl y Saida, su esfuerzo y amor son luz de esperanza en mi vida.

.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivo de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación.....	4
1.4.1. Justificación social.....	4



- 1.4.2. Justificación Ambiental 4
- 1.4.3. Justificación económica 5
- 1.5. Hipótesis 5
 - 1.5.1. Hipótesis general..... 5
 - 1.5.2. Hipótesis específica..... 5
- 1.6. Variables 6
 - 1.6.1. Variable independiente..... 6
 - 1.6.2. Variable dependiente 6
- 1.7. Operacionalización de variables 6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

- 2.1. Antecedentes de la investigación 7
 - 2.1.1. Antecedentes internacionales 7
 - 2.1.2. Antecedentes nacionales 11
 - 2.1.3. Antecedentes regionales..... 15
- 2.2. Marco teórico 16
 - 2.2.1. Contaminación de aguas superficiales..... 16
 - 2.2.2. Impacto ambiental y ecológico de los microplásticos 16
 - 2.2.3. Microplásticos en el medio ambiente 17
 - 2.2.4. Fuentes de contaminación por microplásticos 17



- 2.2.5. Microplásticos en agua y sedimentos..... 18
- 2.2.6. Caracterización de los microplásticos 18
- 2.2.7. Biodegradabilidad de los plásticos y su relación con los microplásticos. 19
- 2.2.8. Impacto de los microplásticos en la biodiversidad..... 19
- 2.2.9. Microplásticos y su clasificación..... 19
- 2.2.10. Efectos de los microplásticos en la biota y los seres humanos . 20
- 2.2.11. Normativa..... 21
- 2.3. Marco conceptual..... 23
 - 2.3.1. Ciclo de vida del plástico..... 23
 - 2.3.2. Microplásticos 23
 - 2.3.3. Residuos plásticos 23
 - 2.3.4. Impacto ambiental 23
 - 2.3.5. Fuentes de contaminación 24
 - 2.3.6. Método de muestreo 24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Tipo de investigación 25
- 3.2. Enfoque de la investigación 25
- 3.3. Nivel de investigación 25



3.4.	Diseño estadístico	26
3.5.	Técnicas e instrumentos	26
3.5.1.	Técnicas	26
3.5.2.	Instrumentos	26
3.6.	Ubicación de la zona de investigación	27
3.7.	Población y muestra.....	27
3.7.1.	Población	27
3.7.2.	Muestra	27
3.8.	Materiales y equipos	29
3.8.1.	Materiales.....	29
3.8.2.	Equipos	29
3.8.3.	Reactivos	29
3.9.	Procedimiento metodológico	29

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados	46
4.2.	Discusiones.....	50
CONCLUSIONES.....		52
RECOMENDACIONES.....		53
BIBLIOGRAFÍA.....		54



ANEXOS.....	60
Anexo 1. Matriz de consistencia	60
Anexo 2. Ubicación del muestreo de aguas	70
Anexo 3. Ubicación del muestreo de sedimentos	70
Anexo 4. Resultados de análisis.....	71
Anexo 5. Cadena custodia de agua.....	75
Anexo 6. Panel fotográfico.....	77
Anexo 7. Normativa	82



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	6
Tabla 2 Resultados de los parámetros de campo.....	46
Tabla 3 Resultados de la concentración de microplásticos en agua superficial.....	40
Tabla 4 Resultados de la concentración en sedimentos	43
Tabla 5 Estadísticas Descriptivas de la Concentración de Microplásticos en Agua Superficial de la Laguna	47
Tabla 6 Prueba para una muestra, de la Concentración de Microplásticos en Agua Superficial de la Laguna	47
Tabla 7 Estadísticas Descriptivas de la Concentración de Microplásticos en los sedimentos de la laguna	48
Tabla 8 Prueba para una muestra, de la concentración de Microplásticos en los sedimentos de la laguna	49



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación	27
Figura 2 Punto de muestreo de sedimentos	28
Figura 3 Toma de muestra de aguas superficiales	29
Figura 4 Toma de muestra de agua.....	30
Figura 5 Filtrado de muestras en bomba de vacío	31
Figura 6 Filtros con muestras recolectadas	32
Figura 7 Toma de muestras de sedimentos.....	33
Figura 8 Preparación de muestra de sedimento	34
Figura 9 Cuantificación de microplásticos.....	35
Figura 10 Identificación de la concentración de microplásticos	36
Figura 11 Concentración de microplásticos en agua	42
Figura 12 Presencia de residuos sólidos en muestras de agua.....	43
Figura 13 Concentración de microplásticos en sedimento.....	45
Figura 14 Presencia de residuos sólidos en las muestras de sedimento	46



RESUMEN

El fin primordial de este estudio fue evaluar los microplásticos presentes en agua y sedimento de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel, 2024. La problemática principal radica en el progresivo impacto de la polución por microplásticos en los ecosistemas acuáticos, que afecta tanto la biodiversidad como la calidad del agua. Los microplásticos son partículas plásticas menor de 5 mm que se acopian en el entorno y que lleguen a tener reacciones nocivas sobre la fauna náutica y seres humanos por medio de la cadena alimenticia. El método empleado contuvo la toma de muestra de agua y sedimento en diez sitios seleccionados de la laguna. Las muestras fueron procesadas mediante técnicas de separación densimétrica y analizadas utilizando microscopía para identificar y cuantificar las partículas plásticas. Los hallazgos evidenciaron que la concentración de partículas plásticas en agua varió entre 0 y 18 partículas por litro, mientras que en los sedimentos se encontraron entre 0 y 12 partículas por litro. Los puntos de inflexión coincidieron con áreas donde se observó presencia de desechos y residuos sólidos, sugiriendo una relación entre la acumulación de residuos y los niveles elevados de microplásticos. En conclusión, la laguna Escuri Koriwata presenta contaminación por microplásticos tanto en agua como en sedimento, siendo su distribución heterogénea y dependiente de la cercanía a fuentes de restos. Estas derivaciones recalcan la necesidad de efectuar medidas de gestión para reducir el ingreso de plásticos y proteger el ecosistema de la laguna.

Palabras claves: Agua superficial, laguna, microplásticos, sedimentos.



ABSTRACT

The main purpose of this study was to evaluate microplastics present in the water and sediment of the Escuri Koriwata lagoon in the district of San Miguel, 2024. The main problem lies in the progressive impact of microplastic pollution on aquatic ecosystems, which affects both biodiversity and water quality. Microplastics are plastic particles smaller than 5 mm that accumulate in the environment and can have harmful reactions on marine fauna and humans through the food chain. The method employed involved taking water and sediment samples from ten selected sites in the lagoon. The samples were processed using densitometric separation techniques and analyzed using microscopy to identify and quantify the plastic particles. The findings showed that the concentration of plastic particles in water ranged between 0 and 18 particles per liter, while between 0 and 12 particles per liter were found in the sediments. The inflection points coincided with areas where debris and solid waste were observed, suggesting a relationship between waste accumulation and elevated levels of microplastics. In conclusion, Escuri Koriwata Lagoon presents microplastic contamination in both water and sediment, with its heterogeneous distribution dependent on proximity to debris sources. These findings underscore the need for management measures to reduce plastic influx and protect the lagoon's ecosystem.

Keywords: Surface water, lagoon, microplastics, sediments.



INTRODUCCIÓN

En las décadas recientes, la aparición de microplásticos en ecosistemas acuáticos ha generado preocupación a nivel global por su impacto ambiental y potenciales riesgos para el bienestar humano y la biodiversidad (Huaman & Martínez, 2023). Las partículas plásticas, definidos como microplásticos inferiores a 5 mm, proceden tanto de la desintegración de dúctiles voluminosos como de productos comerciales y domésticos, casi la mitad de los residuos plásticos proceden de envolturas, los cuales son empleados por poco tiempo antes de ser desechados (Tejada, 2019). Estos contaminantes entran a cuerpos acuáticos por medio de múltiples vías, incluyendo el uso de productos de higiene personal, la degradación de textiles y la fragmentación de residuos plásticos. Su acumulación en ecosistemas acuáticos ha sido documentada en diversos estudios, que destacan su persistencia en el ambiente y su cabida para absorber y liberar sustancias tóxicas ya que los residuos plásticos llegan al medio ambiente desde vertederos mal gestionados (Villa & Corredor, 2016).

El viciamiento del entorno por microplásticos ha emergido como uno de las dificultades ambientales más apremiantes a nivel global, con efectos perniciosos sobre el bienestar de ecosistemas marinos, la biodiversidad y la salubridad humana. En Perú, un país rico en recursos hídricos y biodiversidad, la creciente intranquilidad por la polución plástica ha adquirido mayor magnitud en los últimos años. La fabricación y el uso de plásticos han experimentado una expansión notable, generando un incremento en la producción de restos plásticos y, por ende, en su acumulación en fuentes hídricas. Lo más alarmante es que no todos los restos sólidos son reciclados



o gestionados de forma apropiada, sino que, en muchos casos, terminan expuestos al entorno, en vertedero no regulados, así como en basurales clandestinos y en ecosistemas acuáticos como arroyos, lagos y océanos (Talavera, 2021).

La laguna Escuri Koriwata, ubicada en San Miguel, es bien ecosistémico estratégico localmente, ya que proporciona servicios ecosistémicos y es utilizada para actividades recreativas y de subsistencia por las comunidades aledañas. No obstante, la polución por plásticos en esta región es una problemática emergente, cuya magnitud y efectos aún no han sido suficientemente estudiados. Valorar la existencia de microplásticos en esta laguna permitirá comprender mejor el nivel de deterioro ambiental y valdrá como referencia para estudios futuros y políticas de conservación. El actual análisis de investigación se organiza en los capítulos siguientes: I. Introducción; II. Capítulo, en el cual se desarrolla el problema, la formulación del problema, los propósitos del análisis y la justificación. En el Marco Teórico, se incluyen los antecedentes, fundamentos teóricos y variables de análisis. Por otro lado, la metodología describe el diseño del estudio y el enfoque aplicado. Posteriormente, se manifiestan las derivaciones y su respectiva discusión. III. Conclusiones y sugerencias, junto con las referencias bibliográficas y anexos.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

La polución por microplásticos ha sido conocida a nivel universal como una de las primordiales amenazas para los ecosistemas marítimos y terrestres. Se calcula que cerca de 8 millones de t de plásticos entran a los mares cada año, fragmentándose en microplásticos que afectan la biodiversidad y presentan riesgos para la salubridad humana al incorporarse en la cadena alimenticia. Estudios de organizaciones universales como la OMS y la ONU evidenciaron la existencia de microplásticos en todos los mares y cuerpos de agua importantes del mundo, incluyendo zonas remotas como el Ártico. Esta contingencia se ha acentuado debido a la falta de habilidades efectivas de mitigación, el crecimiento de la elaboración de plásticos y la inadecuada gestión de desechos en muchos países.

En Perú, la polución por microplásticos en cuerpos de agua es una problemática emergente. Investigaciones recientes en regiones costeras y lacustres han revelado la existencia de microplásticos en el océano Pacífico y en lagos como el Titicaca, afectando la biodiversidad acuática, incluidas especies pesqueras de importancia



comercial y alimentaria. La carencia de normativas específicas para la gestión de microplásticos y el escaso discernimiento sobre su impacto circunstancial han dificultado el desarrollo de políticas nacionales de amparo y subsistencia de los ecosistemas acuáticos. Además, la expansión demográfica y el consumo masivo de productos plásticos, sin adecuados sistemas de tratamiento, han incrementado la liberación de microplásticos en arroyos y lagos. A pesar de ello, las investigaciones nacionales sobre este tema aún son limitadas, por lo que es ineludible extender los estudios en cuerpos de agua dulce para comprender mejor su impacto en los ecosistemas y en la salubridad pública.

En la región de Puno, la polución por microplásticos es una problemática progresiva, especialmente en cuerpos hídricos cercanos a áreas urbanas como Juliaca, donde la falta de procesamiento apropiado de residuos y el vertido de restos plásticos en arroyos y lagunas han agravado la situación. La laguna Escuri Koriwata, ubicada en San Miguel, recibe líquidos residuales y pluviales, lo que incrementa la probabilidad de acumulación de partículas plásticas en el elemento acuático y las sedimentaciones. La proximidad del lago a zonas pobladas y la falta de análisis específicos sobre la polución por microplásticos en este cuerpo de agua dificultan la valoración de los impactos ambientales y de salud que esta polución podría tener sobre los ecosistemas acuáticos y las comunidades locales.

Considerando el escaso entendimiento acerca de microplásticos en la laguna Escuri Koriwata, es sustancial llevar a cabo una investigación que evalúe su concentración en agua y sedimentos. Esto permitirá generar información relevante



para la gestión de restos y la preservación de recursos nativos, contribuyendo al progreso de estrategias de mitigación efectivas.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

PG: ¿De qué manera están presentes los microplásticos en el agua y los sedimentos de la laguna Escuri Koriwata en el distrito de San Miguel, y cuál es su concentración actual en estos ecosistemas?

1.2.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cuál es la concentración de microplásticos presentes en el agua de la laguna Escuri Koriwata en el distrito de San Miguel, y qué implicancias podría tener para el ecosistema acuático?

PE2: ¿Cuál es la concentración de microplásticos en los sedimentos de la laguna Escuri Koriwata, y de qué manera pueden estos contaminantes afectar a las especies y procesos ecológicos en el lecho acuático?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general

OG: Evaluar los microplásticos presentes en agua y sedimento de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel, 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

OE1: Determinar la concentración de microplásticos presentes en agua de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel.

OE2: Determinar la concentración de microplásticos presentes en sedimentos de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel.



1.4. Justificación

1.4.1. Justificación social

El deterioro ecológico por microplásticos representa un problema emergente que impacta directamente la condición de vida de comunidades que subyacen de las riquezas hídricas. La coexistencia de microplásticos en el agua y los sedimentos puede provocar un impacto negativo en la salubridad de los individuos esgrimen el agua para el riego de cultivos, ya que estos contaminantes pueden ser tóxicos. Evaluar el grado de polución por microplásticos permitirá sensibilizar a la comunidad sobre los peligros asociados y suscitar prácticas responsables en el manejo de residuos. Además, la investigación contribuirá a optimizar la educación ambiental y fortalecerá la cooperación de la sociedad en la protección de su entorno natural.

1.4.2. Justificación Ambiental

La preservación de ecosistemas acuáticos es primordial para conservar el equilibrio ecológico y biodiversidad. Los microplásticos pueden ser engullidos por cuerpos acuáticos, conmoviendo su salubridad y el funcionamiento del ecosistema. La laguna Escuri Koriwata alberga una variedad de especies que dependen de su hábitat para sobrevivir. Al establecer la reunión y distribución de microplásticos en el H₂O y las sedimentaciones, esta investigación contribuirá a la comprensión de los impactos ambientales de esta polución y aportará información trascendental para la elaboración de marcos normativos de salvaguardia. Asimismo, las derivaciones del análisis pueden servir como referencia para monitorear la calidad ambiental y establecer lineamientos para someter la polución en fuentes hídricas similares en Perú.



1.4.3. Justificación económica

La laguna Escuri Koriwata es un bien fundamental para la gestión de actividades económicas locales. La polución por microplásticos no solo pone en riesgo la salubridad humana y ambiental, sino que también afecta la economía local, ya que la calidad del agua y del entorno puede disminuir el valor de estos recursos. Este estudio permitirá obtener información valiosa que puede ayudar a prevenir el deterioro de la laguna y, por ende, proteger la economía de las familias que dependen de ella. Además, la investigación podría motivar la ejecución de experiencias de gestión de restos más efectivas, tecnologías de limpieza y tratamiento de aguas que, a largo plazo, facilitarán condiciones para una economía local más dinámica y resiliente frente al deterioro ambiental.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- HG: Los microplásticos están presentes en concentraciones significativas en el agua y sedimentos de la laguna Escuri Koriwata en el distrito de San Miguel, afectando la calidad del ecosistema acuático.

1.5.2. Hipótesis específica

- HE1: Existen concentraciones detectables de microplásticos en el agua de la laguna Escuri Koriwata, que pueden representar una amenaza para la vida acuática y la calidad del recurso hídrico.
- HE2: Los sedimentos de la laguna Escuri Koriwata presentan una acumulación significativa de microplásticos, que afecta a las especies



bentónicas y puede contribuir a la polución prolongada del ecosistema acuático.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

- Presencia de microplásticos

1.6.2. Variable dependiente

- Concentración de microplásticos en agua
- Concentración de microplásticos en sedimentos

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores
(Vi) Presencia de microplásticos	Actividad humana	Presencia de basureros
(Vd) Concentración de microplásticos en agua	Microplásticos	N°part/L
(Vd) Concentración de microplásticos en sedimentos	Microplásticos	N°part/L

Nota: (Vi) Variable independiente (Vd) Variable dependiente



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Liu et al. (2024) reportaron que en la Gran Espacio de la Bahía (GBA) de Guangdong-Hong Kong-Macao, la polución por microplásticos en los ríos urbanos es un inconveniente importante debido a la economía desarrollada y la alta intensidad industrial. Utilizando como ejemplo el río Xiaohai, el río Hanxi y el canal Dongguan en la ciudad de Dongguan, una importante ciudad nodo en el GBA, se investigaron las características de los microplásticos, los impulsores y los riesgos ecológicos en las aguas de superficie de tres ríos. Las derivaciones revelaron que la cuantía promedio de los ríos en el período húmedo ($1646,22 \pm 154,73$ ítems/m³) fue 4,7 veces mayor que en el período seco ($351,09 \pm 34,2$ ítems/m³). Los microplásticos se encontraban principalmente en forma de fragmentos y fibras, con un intervalo de volumen de 30 a 500 μm , y parecían transparentes y de color blanco. Los polímeros microplásticos de tipo PE, PP, PET y PA representaron más del 70%. Existen grandes diferencias en las características de la polución por microplásticos durante los diferentes períodos hidrológicos. El análisis de redundancia mostró que la distribución de plásticos,



materiales químicos, industrias de embalaje e impresión a lo largo de los ríos dominaba los contrastes en la exuberancia de microplásticos. La industria de la información electrónica contribuyó más a la composición de las variedades de polímeros microplásticos. El índice de peligro del polímero, el índice de carga contaminante y el índice de riesgo ecológico potencial para los ríos indican una clasificación de riesgo medio-alto o superior. Por lo tanto, se debe racionalizar el trazado industrial a lo largo de los ríos urbanos, aumentar la exclusión de microplásticos en las aguas remanentes y promover el uso de productos plásticos ecológicos. Este estudio brinda apoyo para la gestión de la polución por microplásticos en aguas de superficie urbanas en el GBA.

Wang et al. (2017) reportan que los microplásticos han llegado a ser considerados como un contaminante procedente en el medio acuático. Sin embargo, la investigación sobre la polución por microplásticos en los líquidos dulces del interior de China es insuficiente. El actual análisis investigó los rangos de microplásticos en los líquidos de superficie de 20 lagos cívicos y trechos cívicos del afluente Hanjiang y el afluente Yangtze de Wuhan, la urbe más magna del centro de China. Las concentraciones de microplásticos oscilaron entre $1660,0 \pm 639,1$ y 8925 ± 1591 n/m³ para las aguas estudiadas, y la agrupación más alta se halla en el lago Bei. La abundancia de microplásticos en los lagos varió notablemente en el espacio y se correlacionó negativamente con el recorrido a partir del centro de la urbe ($p < 0,001$), lo que confirmó el primordial rol de los elementos antropogénicos en la repartición de los microplásticos. Se descubrió que los trechos urbanos de los ríos Hanjiang y Yangtze tenían niveles respectivamente más inferiores de microplásticos que la



generalidad de las marismas analizadas. El principal tipo de microplástico entre las aguas estudiadas fue el plástico coloreado, siendo la fibra la forma más frecuente. Más del 80% de los microplásticos tenían un tamaño < 2 mm. El tereftalato de polietileno y el polipropileno son los tipos de polímeros dominantes de microplásticos analizados. Este estudio proporcionó una referencia importante para comprender mejor los niveles de microplásticos en las aguas dulces continentales.

Navarro & Cervantes (2023) indican que los microplásticos (MPs) han sido identificados como contaminantes emergentes, ya que su presencia se ha registrado en todos los ecosistemas acuáticos analizados y pueden representar riesgos para la salubridad de la persona. Determinar la cuantía y clasificación de MPs en líquidos de superficie resulta clave para abordar este problema. No obstante, aún no se ha determinado un procedimiento estandarizado para su examen cuantitativo y cualitativo en entornos acuáticos, lo que complica la comparación entre investigaciones. La implementación de un método uniforme podría facilitar estudios enfocados en la solución de la problemática. La actual revisión analiza las fortalezas y limitaciones de distintas metodologías de muestreo, identificación y determinación de MPs en H₂O y sedimentaciones, con el objetivo de orientar futuros estudios prácticos sobre partículas plásticas.

Sandoval et al. (2021) en El Salvador, el examen sobre partículas plásticas flotantes (< 5 mm) en ambientes acuáticos lénticos es limitada. Con el propósito de valorar la concentración de estos materiales en la oquedad de Coatepeque, se llevaron a cabo muestras por medio de transectos entre febrero de 2021 y enero de 2022. "Los niveles de micropartículas fluctuaron entre 0.001 y 0.258 micropartículas/m³, con



algunas áreas en las que no se encontraron. Las mayores concentraciones se observaron en las regiones norte, central y este del lago, lo que podría estar relacionado con la acción humana, la dirección del viento y su velocidad. El ensayo de Kruskal-Wallis mostró discrepancias significativas ($p < .05$) entre los registros de la temporada seca y la lluviosa. Factores climáticos y la intervención antrópica influyen en la colocación de cuyas partículas en el ecosistema náutico.

Barraza et al. (2021) analizó la cuantía de microplásticos en suspensión en las áreas costeras de El Salvador, comparándolas entre las estaciones seca y lluviosa (2018-2019). Para ello, se emplearon muestreos con un sistema de arrastre tipo manta empleando una red con poros de $40 \mu\text{m}$ en recorridos de superficies rectos frente a las playas Mizata, El Pimental, la zona costera de La Libertad y el golfo de Fonseca. El material obtenido se almacenó en etanol al 90 % V/V. Las mayores concentraciones se detectaron en la última zona mencionada (0.07-0.22 partículas/ m^3), mientras que las menores fueron registradas en la tercera área (0.00-0.02 partículas/ m^3). Se evidenció una discrepancia notable ($p < 0.05$) al comparar las cuatro áreas de muestreo entre la estación seca y la lluviosa, obteniéndose valores promedio de densidad de 0.08 ± 0.03 y 0.04 ± 0.07 partículas/ m^3 , proporcionalmente. Este análisis inicial tiene como fin brindar pesquisa fundamental sobre la cantidad de partículas plásticas en aguas marinas superficiales próximas a la costa salvadoreña.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huamán & Fuentes (2023) en diversos estudios indican que las partículas plásticas están presentes en el medio natural, particularmente en los ambientes náuticos, y representan un problema relevante debido al nivel de amenaza que



suponen. Este fenómeno es resultado de una gestión inapropiada de los residuos plásticos, que en su mayoría acaban en depósitos de basura, cuerpos de H₂O dulce y mares, donde se dividen en microplásticos debido a la desintegración física y química. También, los efluentes domésticos e industriales favorecen su acumulación en los ríos. Este análisis constituye la primera indagación sobre microplásticos realizada en la parte inferior de la cuenca del río Rímac entre 2017 y 2018, en la zona de Lima, Perú. Los hallazgos revelan que en noviembre de 2017 se hallaron 97 partículas de partículas plásticas, en contraste, durante agosto de 2018 se detectaron 2982. Las clases de microplásticos más frecuentes fueron fragmentos, películas, fibras y esferas. La presencia de estas poluciones en las sedimentaciones se asocia con los desechos sólidos arrastrados por el cauce del río y con las descargas de aguas residuales. Estos hallazgos generan preocupación, ya que evidencian que el río Rímac está sufriendo polución por microplásticos, a pesar de ser una fuente clave de H₂O para numerosas diligencias en Lima Metropolitana.

Apaestegui & Sangama (2023) mencionan que, dado que los microplásticos son considerados un contaminante emergente, este estudio posee como finalidad evaluar la existencia de estos residuos en el H₂O de superficie de la quebrada Yumantay, situada entre los distritos de Callería, y Yarinacocha en Coronel Portillo, región Ucayali. El método aplicado para la detección de partículas plásticas siguió el protocolo establecido para la proyección, colecta, estudio y reconocimiento de estas moléculas en cuerpos de H₂O dulce. Para la ejecución del estudio, se implementó un proceso de manipulación, resguardo, custodia y recolección de muestreos en campo, seguido de un procesamiento en laboratorio y posterior caracterización. Se encontró que la



reunión promedio de partículas plásticas en la temporada seca fue de 66 MPs/L, alcanzando valores altos de 124 MPs/L y mínimos de 22 MPs/L, mientras que en la temporada lluviosa la media fue de 28 MPs/L, con un máximo de 77 MPs/L y un mínimo de 5 MPs/L. Al mismo tiempo, se estableció que las partículas plásticas predominantes en la quebrada Yumantay en las dos estaciones correspondían a poliéster y olefina, con formas mayoritarias de fragmentos y filamentos, y colores predominantes azul y amarillo. En conclusión, el estudio revela la presencia de microplásticos en el H₂O analizada, con una concentración media de 44 MPs/L

Huamán (2021) el propósito de su indagación fue examinar la existencia de partículas plásticas (MPs) en las sedimentaciones laterales de la cuenca inferior del río Rímac. Para ello, se determinó una red de vigilancia de sedimentos en siete puntos de monitoreo ubicados en los afluentes Rímac, Santa Eulalia y la quebrada Huaycoloro, en el transcurso de noviembre de 2017 (temporada de avenida) y agosto de 2018 (temporada de estiaje). Además, se aplicó un método para el estudio y reconocimiento de partículas plásticas, que incluyó el enmohecimiento de materia orgánica, su separación por consistencia y su posterior caracterización. Se detectaron 538.8 MPs/m² en noviembre de 2017 y 16,566.8 MPs/m² en agosto de 2018 en las 7 estaciones de control de la cuenca baja del río Rímac. Los tipos de partículas plásticas predominantes fueron poliestireno, polipropileno y polietilentereftalato, presentándose mayormente en forma de fragmentos, filamentos y películas. Al mismo tiempo, el 90.3% de los participantes desconocía la presencia de las partículas plásticas, lo que evidencia el requerimiento de implementar un programa de educación ambiental y concienciación sobre este tipo de polución. Las primordiales fuentes generadoras de



microplásticos identificadas incluyen los restos sólidos acumulados en el cauce del afluente, las aguas de superficies, así como los vertidos domésticos e industriales.

Talavera (2021) el propósito de su estudio fue examinar y clasificar las partículas plásticas encontrados en distintas playas de Camaná-Arequipa, además de implementar un Programa de Sensibilidad Ambiental. El muestreo se realizó en las playas El Chorro, La Punta, Primavera, Las Tortugas, Cerrillos, Las Cuevas, San Marino, La Miel y La Playuela, durante enero y febrero de 2019. Este análisis se realizó bajo una metodología aplicada con un enfoque no experimental. El método de trabajo se basó en llevar a cabo el muestreo, seguido del tamizado, separación de microplásticos, filtrado, secado, conteo, clasificación por tonalidades e identificación. Los hallazgos manifestaron que la playa con mayor manifestación de partículas plásticas por metro cuadrado fue La Miel, con 1382 MPs/m², seguida de La Playuela, con 599 MPs/m². Además, la encuesta efectuada para valorar la comprensión de los residentes sobre los microplásticos evidenció que el 80 % de los encuestados ignoraba este tema.

Quispe & Zavaleta (2023) en su investigación tuvieron como fin cuantificar y estudiar la repartición de partículas plásticas en la arena de la zona supralitoral, en los sedimentos marítimos de la franja intermareal y en la capa superficial del agua marina en tres playas arenosas localizadas en Lima Norte, Perú. Para la toma de muestras, se establecieron cinco sitios en la zona supralitoral, utilizando un marco de madera de 50 x 50 cm y extrayendo 1.5 kg de arena. Luego, las muestras fueron secadas a 40 °C por 48 horas, medidas en peso y tamizadas con rejillas de 6 mm, 4 mm, 2 mm, 1.7 mm, 1.18 mm y 500 µm. Se ejecutó la clasificación de microplásticos con el método



Visual Sorting, el cual implica la selección manual de las partículas, seguida de su pesaje y acondicionamiento para estudios futuros. En lo referente al muestreo de aguas náuticas, se estableció un transecto en cada costa del litoral de Lima Norte (Ancón), empleando una lancha con una velocidad de 1.5 a 2 nudos y una red de Neuston con un tamaño de malla de 80 μm , boca de 24 cm de diámetro y 1 m de longitud. Los segmentos de muestreo se localizaron entre 500 y 924 metros del litoral. Para el establecimiento de los polímeros existentes en las muestras, se estudiaron cuatro tipos de microplásticos de diversas coloraciones mediante Espectrofotometría Infrarroja por FTIR-ATR. Los hallazgos evidenciaron la existencia de polipropileno y polietileno, destacando los tonos rojos, azul, amarillo, verde y transparente. Asimismo, con el software IMAGE J, se analizó la estructura de los microplásticos, encontrando que los fragmentos fueron los más predominantes, con mayor presencia de partículas rojizas y tamaños entre 0.4 mm y 2 mm.

2.1.3. Antecedentes regionales

Huaman & Martínez (2023) en su proceso investigativo sobre las últimas décadas, el hallazgo de partículas plásticas en ambientes de H₂O dulce ha sido considerablemente más escaso en relación con los océanos. Su estudio se planteó con el objetivo de evaluar la existencia de partículas plásticas en las playas de Chifrón, Chatuma y Juli, que se encuentran en el lago Titicaca. Se tomaron muestras de distintos componentes naturales, como arena, sedimentos y agua de superficie, recopilando un total de 18 muestras. Para el muestreo en arena, se utilizó un tamiz de 1–5 mm; en el caso de los sedimentos, se empleó la técnica de arrastre con un promedio de 11 kg por muestra; mientras que para el agua de superficie se filtraron 20



litros a través de una malla de 200 μm . Los análisis demostraron la aparición de 158 partículas plásticas con medidas entre 1 y 5 mm, distribuidas en las siguientes tonalidades: negro (25%), rojo (8%), amarillo (13%), transparente (9%), azul (12%), blanco (18%), verde (8%) y otras (7%), con un peso total de 0.1494 g. En relación con las formas predominantes, se identificaron fragmentos, fibras, escamas, esferas y láminas. Además, se estableció la estructura de los polímeros, sobresaliendo el polietileno (PE) con 39%, el polipropileno (PP) con 23%, el poliestireno (PS) con 15%, el polietileno de alta consistencia (HDPE) con 15% y el tereftalato de polietileno (PET) con 8%. Como conclusión, los microplásticos se encuentran en las playas del lago Titicaca y podrían perturbar de manera negativa a los ambientes.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Contaminación de aguas superficiales

Las inadecuadas gestiones de desechos y el proceso de industrialización han provocado inconvenientes en la administración de cuencas hidrográficas. Esto ha derivado en un desarrollo desordenado e incierto de estrategias para su empleo, causando impactos en los cauces y cuerpos de agua (Barrera, 2021). Esto ha provocado la incorporación de contaminantes en los ecosistemas marítimos, lo que ocasiona problemáticas de eutrofización en los afluentes, reduciendo su cabida para sustentar vida (Bakir et al., 2016)

2.2.2. Impacto ambiental y ecológico de los microplásticos

La polución por microplásticos perturba tanto a los ecosistemas náuticos como a las especies que habitan en ellos. Estos contaminantes se han encontrado en varios niveles de la cadena alimentaria, desde el fitoplancton hasta peces y aves, lo que



personifica un peligro para la biodiversidad y el bienestar humano, dado que muchos de estos organismos forman parte de la dieta humana (Rochman et al., 2016).

En los ambientes acuáticos, los microplásticos pueden proceder como vectores de poluciones químicas que se fijan a sus superficies, lo que incrementa el riesgo de toxicidad en los cuerpos que los ingieren (Bakir et al., 2016).

2.2.3. Microplásticos en el medio ambiente

Las partículas plásticas pueden afectar el aire, los suelos y los ecosistemas acuáticos, yaciendo los océanos los más estudiados. Se han detectado microplásticos en aguas de superficie, lechos marinos y litorales de océanos a nivel global, incluso en la Antártida (Thompson et al., 2009) proponiendo que los microplásticos no únicamente se agrupan en los remolinos náuticos, como sucede con los plásticos más grandes, sino que también se acopian en los fondos sedimentarios (J. E. Barraza et al., 2021).

2.2.4. Fuentes de contaminación por microplásticos

Los microplásticos tienen diversas fuentes de polución, tanto directas como indirectas. Entre las principales fuentes se encuentran:

- **Vertidos urbanos e industriales:** Las actividades industriales y el mal manejo de residuos urbanos son responsables de una gran conjunto de plásticos que se degradan en microplásticos y llegan a los cuerpos de agua (Thompson et al., 2009).
- **Actividades agrícolas:** Algunos plásticos utilizados en la agronomía, como los productos de cubierta, también contribuyen a la polución cuando estos se fragmentan (Thompson et al., 2009).



- **Actividades pesqueras y acuícolas:** Las redes de pesca y otros plásticos utilizados en el mar pueden desintegrarse y transformarse en microplásticos (Thompson et al., 2009).

2.2.5. Microplásticos en agua y sedimentos

Para estudiar la existencia de partículas plásticas en agua y sedimentos, se han desarrollado diversos métodos, entre los que destacan:

- **Filtración:** Este método se emplea para recoger microplásticos del agua, permitiendo que el líquido pase a través de filtros de tamaño específico para capturar partículas plásticas (Ruz et al., 2012)
- **Separación:** Para los sedimentos, los microplásticos suelen ser separados mediante soluciones de densidad elevada, permitiendo que las partículas de plástico floten y puedan ser recuperadas (Ruz et al., 2012).
- **Identificación:** Permite examinar la composición química de las partículas plásticas y confirmar que sean microplásticos (Ruz et al., 2012)

2.2.6. Caracterización de los microplásticos

La identificación de estas partículas se realiza por medio de un estereomicroscopio. Todas aquellas divisiones que se presume que son partículas plásticas serán examinadas, cuantificadas y categorizadas en distintas clasificaciones, tales como átomos, escamas, películas o pellets, para luego ser registradas. Los átomos con superficies frágiles o que se desintegren al manipularlas serán descartadas del análisis (J. E. Barraza et al., 2021).



2.2.7. Biodegradabilidad de los plásticos y su relación con los microplásticos.

Es la capacidad de un material para degradarse completamente en elementos naturales (como CO₂, H₂O, y biomasa) por acción de microorganismos. La mayoría de los plásticos no son biodegradables, lo que contribuye a su permanencia en el ambiente y a la generación de microplásticos. Aunque existen plásticos etiquetados como "biodegradables", en muchos casos requieren condiciones específicas (como temperaturas elevadas) que no se encuentran en ambientes naturales, por lo que igualmente pueden terminar como microplásticos (Ruggero et al., 2019).

2.2.8. Impacto de los microplásticos en la biodiversidad

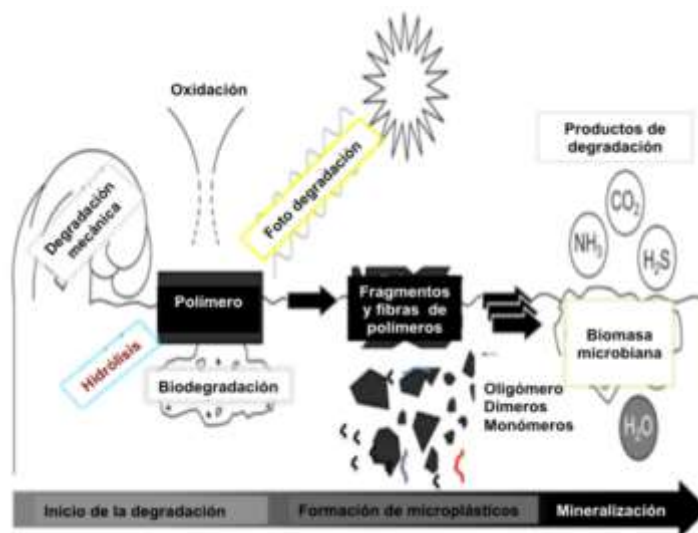
La existencia de microplásticos en organismos de H₂O afecta a distintas especies, desde organismos microscópicos hasta aves y mamíferos. Los peces y otros organismos acuáticos pueden ingerir microplásticos al confundirlos con alimento, lo cual perturba su bienestar y su capacidad de reproducción. Esta problemática es particularmente relevante en áreas de alta biodiversidad, como algunos cuerpos de H₂O en Perú, donde especies endémicas podrían estar en riesgo debido a esta contaminación (Gall & Thompson, 2015).

2.2.9. Microplásticos y su clasificación

Las partículas plásticas secundarias se producen comenzando en la descomposición de fragmentos de plástico de mayor tamaño. Esta degradación puede producirse a lo largo del uso de materiales como telas, recubrimientos y neumáticos, o después de que los plásticos hayan sido vertidos en el entorno (Ramirez, 2021).

Figura 1

Vías de degradación de polímeros sintéticos en el medio acuático



Nota: Extraído de (Ramírez, 2021, p. 19)

2.2.10. Efectos de los microplásticos en la biota y los seres humanos

Los microplásticos poseen una elevada toxicidad, pues, al ingresar en los organismos vivos, pueden provocar estrés por ingestión, adhesión y liberación de sustancias químicas (incrementando su toxicidad), además de exponerlos a contaminantes asociados. Esto puede conducir a la bioacumulación de agregados como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, que son cancerígenos o alteradores endocrinos (Castañeta et al., 2020).

La relación entre los microplásticos, la salud ambiental y la salubridad humana no ha sido totalmente abordada; sin embargo, es un tema central de deliberaciones y relevancia social. En 2016, se señaló la evidente falta de estudios sobre los microplásticos generados a partir de desechos marinos o terrestres y su incorporación en la cadena alimentaria. Lo anterior implica que el impacto y expansión de los



microplásticos aún no es plenamente comprendido por la humanidad, lo que deja muchas interrogantes sin respuesta hasta la fecha (Ramirez, 2021).

2.2.11. Normativa

Existen algunas normas y directrices internacionales para orientarse en el análisis y comparación de resultados. Sin embargo, aún no hay rangos "aceptables" de concentración de microplásticos establecidos universalmente, ya que los estudios y regulaciones están en fases tempranas. Las principales normativas y metodologías aplicables para realizar comparaciones son:

A. ISO 21675:2019 - Métodos para la Detección de Microplásticos en el Medio Ambiente

- Esta norma describe sistemáticas para el muestreo y estudio de partículas plásticas en H₂O, sedimentaciones y biota. Es una referencia importante en términos de metodología y recolección de datos, y establece procedimientos estandarizados para identificar y cuantificar microplásticos, aunque no fija rangos específicos de concentración permisible.

B. Directrices de la UE para el Monitoreo de Microplásticos en el Agua

- En Europa, existen pautas bajo la Directiva Marco del H₂O y el programa de monitoreo de microplásticos, que se centra en el muestreo y análisis de agua dulce y aguas costeras. Estas directrices recomiendan los métodos para muestreo de microplásticos, incluyendo el uso de redes de arrastre de 300 μ m en ambientes marinos y agua dulce.



- **Pautas de concentración:** Aunque aún no se fijan umbrales de concentración, algunos estudios bajo estas directrices han reportado concentraciones en cuerpos de agua entre 0.01 y 10 partículas/L.

C. Estándares ASTM en Desarrollo para Microplásticos

- ASTM International está desarrollando normas para el estudio de microplásticos en diferentes matrices, como superficies y sedimentos, aunque no hay normas finales ni valores límites oficiales.
- Los métodos en desarrollo incluyen técnicas para separar y cuantificar microplásticos en sedimentos utilizando dispositivos de densidad o agua salina para separar partículas.

D. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

- PNUMA ha publicado pautas para el monitoreo de microplásticos, principalmente en entornos marinos. Estas directrices incluyen métodos para evaluar microplásticos en sedimentos y aguas, y han reportado variaciones en concentraciones encontradas en estudios previos (de 0 a cientos de partículas por litro de agua o gramos de sedimento).

E. Estudios de Referencia para Valores Comparativos

- Dado que no hay límites aceptables establecidos, es común en la investigación académica referirse a estudios previos en áreas similares. Por ejemplo, en estudios de lagos o aguas continentales, la concentración de microplásticos reportada varía ampliamente entre menos de 1 partícula/L a más de 100 partículas/L, dependiendo del lugar y la actividad humana.



- Para sedimentos, las concentraciones suelen reportarse en partículas por kilogramo o gramos de sedimento seco.

F. Directrices Regionales y Normativas Nacionales

- Algunos países han comenzado a establecer normativas para el monitoreo de microplásticos en aguas y sedimentos, aunque la mayoría se centra en la metodología de muestreo y análisis en lugar de definir rangos aceptables.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Ciclo de vida del plástico

El ciclo de existencia del plástico incluye etapas de producción, uso y disposición. En cada fase, los plásticos pueden liberar microplásticos al medio ambiente debido a la degradación y el mal manejo de desechos.

2.3.2. Microplásticos

Los microplásticos son átomos plásticos que miden menos de 5 mm en su dimensión más grande. Se originan tanto de la desintegración de plásticos más grandes (microplásticos primarios) como de productos que ya contienen partículas plásticas (microplásticos secundarios) (Andrady, 2011).

2.3.3. Residuos plásticos

Fragmentos de botellas, bolsas y otros productos plásticos que se desintegran en el medio ambiente (Andrady, 2011).

2.3.4. Impacto ambiental

Los microplásticos simbolizan un peligro significativo para la vida náutica, ya que llegan a ser tragados por cuerpos marítimos, trastornando su salud y,



potencialmente, la cadena alimentaria. Estos contaminantes pueden acumularse en sedimentos, donde son difíciles de eliminar y pueden alterar los ecosistemas locales (Rochman et al., 2016).

2.3.5. Fuentes de contaminación

Las microfibras de ropa sintética, los residuos plásticos, las microesferas en cosméticos y la desintegración de productos plásticos son las importantes fuentes de microplásticos. Estas fuentes pueden introducir partículas en lagos, ríos y mares (Cole et al., 2011).

2.3.6. Método de muestreo

Las técnicas comunes para la recopilación y análisis de microplásticos incluyen la filtración, flotación y técnicas de espectroscopía. Cada técnica posee sus propias ventajas y restricciones dependiendo del tipo de muestra (Rochman et al., 2016) .



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de estudio es aplicado ya que busca formar conocimiento que pueda ser utilizado para la comisión ambiental y al tomar decisiones en correspondencia con la polución por microplásticos.

3.2. Enfoque de la investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo ya que al determinar la concentración de microplásticos en agua y sedimentos, se utilizarán métodos estadísticos para analizar y presentar los datos.

3.3. Nivel de investigación

El presente estudio concierne a un nivel descriptivo, ya que se enfoca en identificar y cuantificar la manifestación de partículas plásticas en el agua y sedimentos de la laguna Escuri Koriwata. A través de la recolección y análisis de muestras, se busca caracterizar la presencia de estas partículas sin establecer relaciones causales directas con sus fuentes de origen o impactos en el ecosistema.



3.4. Diseño estadístico

t de Student:

La prueba t de Student fue desarrollada por el estadístico William Sealy Gosset en 1908, quien la introdujo en su artículo. Este ensayo se emplea para contrastar la media de un muestreo con un valor hipotético, como cero, cuando se excluye la desviación estándar de la población y la dimensión del muestreo es chico. Se basa en el cálculo de un valor t, que evalúa si la variación entre la media de la muestra y el valor supuesto es lo suficientemente grande como para ser significativa. La prueba t es fundamental en desemejantes disciplinas, como la psicología, la medicina y la economía, para realizar inferencias estadísticas y determinar si los efectos observados en una muestra son probablemente atribuibles a una verdadera diferencia en lugar de al azar (Sealy, 1908).

3.5. Técnicas e instrumentos

3.5.1. Técnicas

- Muestreo de campo
- Revisión documental
- Análisis en laboratorio

3.5.2. Instrumentos

- Bases de datos académicos
- Cadena custodia
- Software de gestión bibliográfica (zotero)

3.6. Ubicación de la zona de investigación

Figura 2

Ubicación



Nota: Google Earth

3.7. Población y muestra

3.7.1. Población

La población de este estudio está constituida por dos grupos principales: las muestras de agua y sedimento de la Laguna Escuri Koriwata y la comunidad local que reside en sus alrededores.

3.7.2. Muestra

Las muestras de agua y sedimento: Se seleccionó un total de 10 puntos de muestreo en la Laguna Escuri Koriwata, puntos que fueron elegidos mediante un muestreo aleatorio. Cada punto representó una ubicación específica dentro de la laguna, garantizando una cobertura adecuada de las diferentes áreas y condiciones del ecosistema acuático. Las muestras se tomarán en diferentes profundidades y durante distintas estaciones del año, asegurando así la variabilidad temporal en la

recolección de datos. Esto permitirá conseguir una representación más fija de la agrupación de microplásticos en el H₂O y sedimento de la laguna.

Figura 3

Punto de muestreo de sedimentos



Procedimiento para la toma de muestra

Muestra de agua

- Inicialmente se seleccionó las zonas de monitoreo.
- Seguidamente se implementó con los EPPs correspondientes para la toma de muestra.
- Luego alistar los materiales correspondientes como los frascos designados por el laboratorio.
- Se siguió las indicaciones de protocolo para la toma de muestra (DIGESA, 2015).
- Sumerge la botella en el agua, asegurando de no tocar el borde de la botella con las manos.
- Llenar la botella dejando un espacio de aproximadamente 2 – 3 cm en la parte superior.

- Cerra las botellas.

Figura 4

Toma de muestra de aguas superficiales



3.8. Materiales y equipos

3.8.1. Materiales

Frascos de PVC de 1000mL, culer de 40L, micropipeta de 200mL, placas petri, guantes desechables, marcador permanente, bolsas de cierre hermético de 1kg, pala o cucharón, culer de 40L.

3.8.2. Equipos

GPS marca GARMIN, bomba de vacío, microscopio trinocular marca ZEISS, balanza digital de precisión 0,0001g marca ADAM, Tamiz malla 200, estufa a 60°C marca RAYPA,

3.8.3. Reactivos

Peróxido de hidrogeno 30%, H₂O destilada

3.9. Procedimiento metodológico

Objetivo específico 1: Determinar la concentración de microplásticos presentes en agua de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel.

Para el acatamiento del presente objetivo se procedió de la siguiente forma:

a. Procedimiento de toma de muestras

Método: En cada sitio de muestreo, se tomará una muestra de agua en botella estéril, asegurándose de sumergir la botella a una profundidad adecuada para evitar la recolección de partículas superficiales o externas. Las botellas se llenarán dejando un pequeño espacio (2-3 cm) en la parte superior, y se etiquetarán con la información de ubicación, fecha y hora de recolección (Sorensen et al., 2023).

Figura 5

Toma de muestra de agua



b. Análisis en laboratorio

Preparación de las muestras: Las muestras de H₂O se filtrarán en el recipiente usando filtros de malla fina (0.47 μ m) para capturar microplásticos de diferentes tamaños, seguidamente se instalaron en placas petri y se secaron al aire para su posterior estudio en microscopio.

Figura 6

Filtrado de muestras en bomba de vacío

**Identificación y cuantificación de microplásticos:**

- Los filtros serán examinados mediante microscopía para identificar y contar las partículas de microplásticos presentes. Las partículas serán clasificadas por tipo (fragmentos, fibras, esferas) y tamaño.
- Las partículas retenidas en los filtros fueron examinadas bajo un microscopio óptico con aumento de X40 y X100. Se observaron características como color, forma y estructura para identificar microplásticos. Las partículas con apariencia filamentosa o laminar fueron clasificadas como microplásticos.

Conteo y registro de microplásticos

- En cada muestra se contaron las partículas visibles de microplásticos en un volumen específico de 5 mL. Este volumen se obtuvo mediante una pipeta, asegurando precisión en la cantidad de muestra examinada. La cuenta total de partículas en cada filtro se registró junto con sus características visuales.

Figura 7

Filtros con muestras recolectadas

**c. Cálculo de la concentración de microplásticos**

Para estimar la reunión de microplásticos por litro de agua, se escaló la cuenta observada en 500 mL a 1,000 mL (1 litro) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración de microplásticos (part./L)} = \frac{\text{Número de partículas observadas en } 200\mu\text{L} \times 1000}{500}$$

Donde 500 representa el volumen en mililitros

d. Análisis de datos

- Los datos recogidos se estudiaron para determinar la agrupación de microplásticos en cláusulas de partículas por litro (part/L) de H₂O.
- Se realizará un análisis estadístico descriptivo para reportar la cantidad promedio, desviación estándar y rango de agrupación de microplásticos presentes en los distintos sitios de la laguna.

e. Consideraciones éticas y medioambientales

- Durante el muestreo, se tendrá cuidado de no afectar significativamente el ecosistema acuático de la laguna.

- Todos los materiales desechables empleados serán eliminados conforme a normas de seguridad y cuidado ambiental para minimizar el impacto en el entorno.

Objetivo específico 2: Determinar la concentración de microplásticos presentes en sedimentos de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel.

a. Procedimiento de la toma de muestra

- **Método de recolección:** En cada sitio de muestreo, se utilizará una pala pequeña o cucharón para recolectar sedimento a una profundidad de 5 a 10 cm, asegurando que el sedimento sea representativo y no contenga elementos superficiales ajenos. Cada muestra se colocará en una bolsa de muestreo etiquetado con información relevante (fecha, hora, ubicación). Las bolsas se sellarán herméticamente para evitar polución durante el transporte

Figura 8

Toma de muestras de sedimentos



b. Análisis de laboratorio

- **Preparación de muestras:** Las muestras de sedimento inicialmente se dejaron secar a condiciones normales y se tamizó para eliminar partículas grandes, dejando solo sedimento fino. Las muestras se secaron a condiciones ambiente y luego se tamizaron para eliminar partículas mayores a 5 mm. Posteriormente, se sometieron a una asimilación con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30% para remover MO, facilitando la identificación de microplásticos (Day & Kirby, 1995).

Figura 9

Preparación de muestra de sedimento

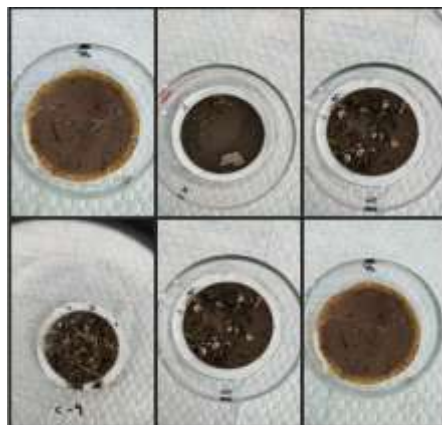


- **Separación de microplásticos por densidad:** Para apartar los microplásticos de las sedimentaciones y los minerales, se utilizó una solución salina concentrada (cloruro de sodio - NaCl al 1.2 g/mL). La mezcla de sedimento y la solución salina se sacudió y dejó reposar, permitiendo que los microplásticos (menos densos) flotaran y fueran recolectados en la superficie, mientras que el sedimento más denso se

asentó en el fondo. El material flotante fue cuidadosamente transferido a filtros de membrana para su observación microscópica (Imhof et al., 2012).

Figura 10

Cuantificación de microplásticos



- **Análisis por microscopía:** Las partículas retenidas en los filtros fueron examinadas bajo un microscopio óptico, utilizando aumentos de X40 y X100. Se registraron características de las partículas como color, forma y estructura para identificar las de origen plástico, diferenciando entre filamentos, fragmentos y laminillas (Claessens et al., 2013).
- **Conteo y registro de neuroplásticos:** En cada muestra, se realizó un conteo de las partículas observadas en un volumen conocido del extracto de sedimento, lo cual permite estandarizar el análisis y comparar los resultados entre muestras (Masura et al., 2015).

c. Cálculo de la concentración de microplásticos en sedimento

- Para expresar la agrupación de microplásticos en el sedimento, el conteo total de partículas observado en el volumen analizado se

extrapoló a la masa total de sedimento seco. El cálculo se realizó en términos de partículas por kilogramo de sedimento seco, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración de microplásticos (part./L)} = \frac{\text{Número de partículas observadas en } 200\mu\text{L} \times 1000}{500}$$

Figura 11

Identificación de la concentración de microplásticos



d. Consideraciones éticas

- Durante la recolección de muestras, se tomarán medidas para evitar la alteración significativa del hábitat. Los materiales empleados en la recolección serán desechados siguiendo protocolos de manejo ambiental para minimizar el impacto en el ecosistema.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Objetivo específico 1: Determinar la concentración de microplásticos presentes en agua de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel.

Tabla 2

Resultados de los parámetros de campo

Parámetros de campo		
Código	Temperatura °C	pH
PM-01	13.4	7.34
PM-02	13.6	7.57
PM-03	13.7	7.63
PM-04	13.5	7.24
PM-05	13.7	7.58
PM-06	13.6	7.45
PM-07	13.7	7.57
PM-08	13.7	7.63
PM-09	14.2	7.51
PM-10	14	7.59

Según los resultados hallados de las medidas de campo en la tabla 2 nos indica que:

pH: Todas las muestras presentan un pH ligeramente alcalino, oscilando entre 7.24 y 7.63, lo cual es típico en aguas de superficie. No se observa una relación clara entre el pH y la concentración de microplásticos, lo que sugiere que el pH podría no ser un elemento determinante en la distribución de microplásticos en este caso.

Estudios sobre microplásticos en aguas naturales indican que estos valores de pH no afectan directamente la presencia de microplásticos, ya que estos materiales suelen ser estables en un amplio rango de pH, especialmente entre 6 y 8, que es típico en ambientes acuáticos. No obstante, el pH podría influir en la descomposición de algunos tipos de plásticos, como el PET, en ambientes muy ácidos o muy alcalinos (Kazour et al., 2019).

Temperatura: Las temperaturas son relativamente homogéneas, variando de 13.4 °C a 14 °C. La variabilidad en la concentración de microplásticos parece ser independiente de las pequeñas diferencias en temperatura observadas.

En análisis anteriores, se vio que la temperatura del H₂O puede influir en la flotabilidad y distribución de los microplásticos, ya que afecta la viscosidad del agua y, por ende, el movimiento de partículas. Sin embargo, la temperatura es bastante estable y está dentro del intervalo de temperaturas moderadas en cuerpos de H₂O dulce, lo cual no debería afectar significativamente la distribución de microplásticos (Free et al., 2014).

En la tabla 3 se muestra las derivaciones de la agrupación de partículas plásticas en los muestreos de líquidos de superficie de la laguna Escuri Koriwata. Los datos

indican que la agrupación de microplásticos varía significativamente entre las diferentes muestras, con valores que oscilan entre 0 y 18 partículas por litro.

Tabla 3

Resultados de la concentración de microplásticos en agua superficial

Microplásticos en muestras de aguas superficiales		
Código	N° de partículas	Microplásticos Part/L
PM-01	0	0
PM-02	3	6
PM-03	2	4
PM-04	5	10
PM-05	6	12
PM-06	7	14
PM-07	9	18
PM-08	5	10
PM-09	0	0
PM-10	0	0

a. Distribución de microplásticos

- En los puntos PM-01, PM-09, y PM-10, no se detectaron microplásticos, ya que el número de partículas es 0, lo cual indica áreas de menor polución en la laguna.
- Sin embargo, en las muestras como PM-07, la concentración es más alta (9 partículas, 18 Part/L), sugiriendo áreas con mayor polución por microplásticos.



b. Variabilidad

- Los resultados muestran una gran inestabilidad en la agrupación de microplásticos entre las muestras. Esto podría deberse a factores como corrientes, actividades humanas, o diferenciaciones en la deposición de microplásticos en diferentes puntos de la laguna.
- Las muestras como PM-07 presentan la mayor concentración con 9 partículas o 18 Part/L, mientras que otras muestras (PM-01, PM-09, PM-10) no tienen microplásticos detectados.

c. Promedio de micro plásticos

- Observando los datos, la mayoría de las muestras contiene entre 4 y 18 Part/L, lo que sugiere un nivel moderado de polución en comparación con estudios de cuerpos de agua similares.

d. Impacto ambiental

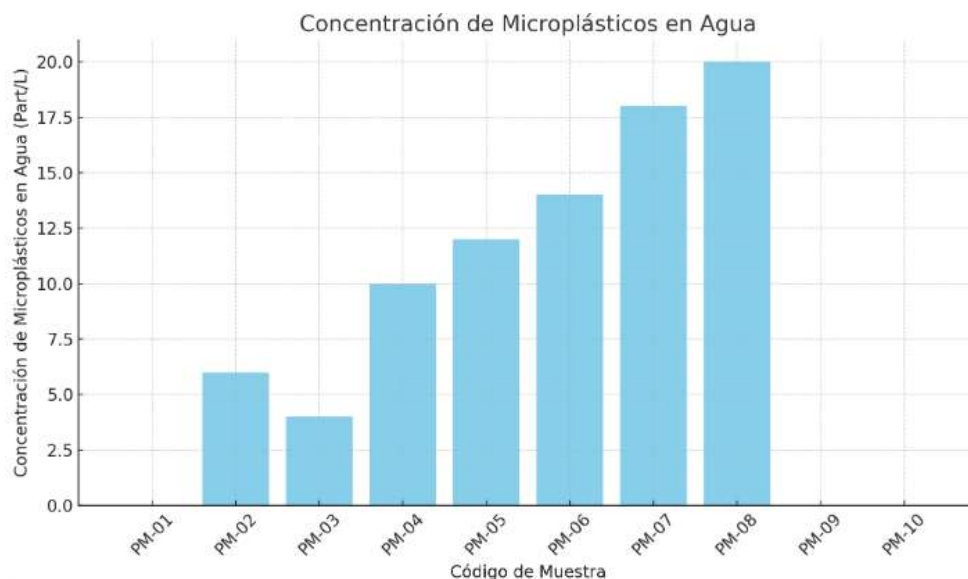
- **Ingestión por fauna acuática:** Los microplásticos pueden ser tragados por peces y otros organismos acuáticos, causando efectos negativos en su salud y en la cadena alimenticia (Andrady, 2011).
- **Transporte de contaminantes:** Los microplásticos pueden adsorber poluentes químicos del ambiente (como pesticidas o metales pesados), incrementando el riesgo de exposición a estos compuestos para los organismos (Andrady, 2011).

En la figura 12 de concentración de microplásticos en el agua muestra una variabilidad significativa entre las diferentes muestras. Algunos puntos de muestreo, como PM-08 y PM-07, presentan una alta concentración de microplásticos, mientras

que otros, como PM-01, PM-09 y PM-10, no muestran presencia de microplásticos. Esto sugiere que existen áreas de la laguna con mayor exposición a fuentes de contaminación, posiblemente relacionadas con actividades humanas o características específicas del flujo del agua que permiten la acumulación de microplásticos.

Figura 12

Concentración de microplásticos en agua

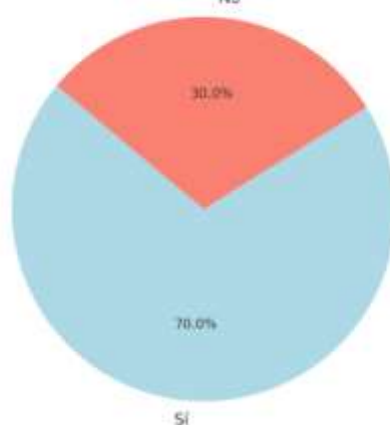


Estudios previos, como el de Castañeta et al. (2020), encontraron que la agrupación de microplásticos en cuerpos de H₂O suele ser mayor en zonas cercanas a fuentes de actividad humana, como áreas residenciales o industriales.

La figura 13 muestra que el 70% de las muestras de agua presentan residuos sólidos, mientras que el 30% no contienen residuos. Esto sugiere que la casi todas las muestras de H₂O tienen alguna forma de contaminación visible, lo que podría estar contribuyendo a la existencia de partículas plásticas en el H₂O. Esta derivación destaca la necesidad de identificar las fuentes de residuos sólidos que llegan al agua para implementar medidas de mitigación.

Figura 13*Presencia de residuos sólidos en muestras de agua*

Presencia de Residuos Sólidos en las Muestras de Agua



Objetivo específico 2: Determinar la concentración de microplásticos presentes en sedimentos de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel.

La tabla 4, presenta las derivaciones conseguidas para la agrupación de partículas plásticas en muestras de sedimento de la laguna Escuri Koriwata. Los datos indican una variabilidad en la cuantía de microplásticos en las diferentes ubicaciones de muestra, con valores que oscilan entre 0 y 12 partículas por kg.

Tabla 4*Resultados de la concentración en sedimentos*

Micro plásticos en muestras de sedimentos		
Código	N° de partículas	Microplásticos Part/Kg
PM-01	0	0
PM-02	1	2
PM-03	0	0
PM-04	6	12
PM-05	1	2
PM-06	2	4



PM-07	1	2
PM-08	2	4
PM-09	0	0
PM-10	0	0

- **Variabilidad de Concentración:** La ausencia de microplásticos en las muestras PM-01, PM-03, PM-09 y PM-10 sugiere que estas áreas presentan condiciones menos propicias para la acumulación de microplásticos en el sedimento, posiblemente debido a características locales como la dinámica del flujo del agua o la estructura del sedimento. En contraste, las muestras PM-04, PM-06 y PM-08, registraron las concentraciones más altas, con 12 y 4 partículas por kg, respectivamente, lo cual podría reflejar una mayor exposición a fuentes de polución por microplásticos o la existencia de condiciones que favorecen su sedimentación, tales como zonas de aguas más tranquilas o áreas de alta actividad antropogénica.
- **Distribución espacial de microplásticos en sedimentos:** La ausencia de microplásticos en las muestras PM-01, PM-03, PM-09 y PM-10 sugiere que estas áreas presentan condiciones menos propicias para la acumulación de microplásticos en el sedimento, posiblemente debido a características locales como la dinámica del flujo del agua o la composición de la sedimentación. En contraste, los muestreos PM-04 y PM-06, PM-08, registraron las concentraciones más altas, con 12 y 4 partículas por kg, respectivamente, lo cual podría reflejar una mayor exposición a fuentes de polución por microplásticos o la existencia de condiciones que favorecen su sedimentación,

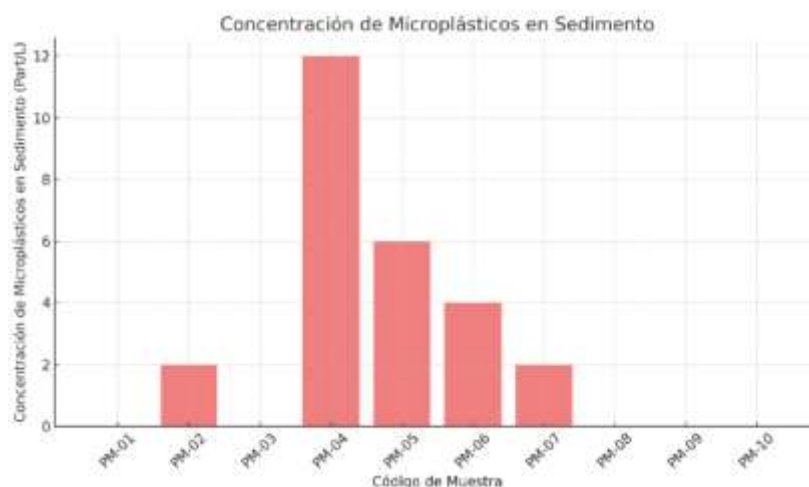
tales como zonas de aguas más tranquilas o áreas de alta actividad antropogénica.

- La acumulación de microplásticos en estos puntos parece estar estrechamente relacionada con la existencia de basura y residuos sólidos visibles en sus alrededores.

En la figura 14 de concentración de partículas plásticas en sedimento, también se observa una variabilidad en la agrupación. Algunos puntos, como PM-04 y PM-05, presentan concentraciones elevadas de microplásticos, mientras que otros, como PM-01, PM-03, PM-08, PM-09 y PM-10, no presentan ningún microplástico. Esta distribución desigual podría estar influenciada por factores como la morfología del terreno, la sedimentación, y la existencia de restos sólidos en ciertos espacios que contribuyen a la retención de partículas en el sedimento.

Figura 14

Concentración de microplásticos en sedimento



Pastor et al. (2019), sugieren que las partículas plásticas tienden a agruparse en áreas donde las corrientes de H₂O son bajas, lo cual favorece su sedimentación.

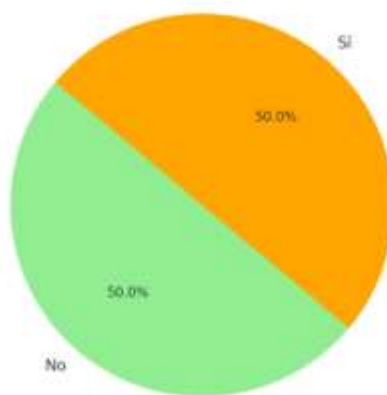
lo cual concuerda con el hallazgo de Masura et al. (2015), quienes reportaron que la acumulación de microplásticos en el sedimento se ve favorecida por la presencia de basura que actúa como un "trampa" física.

En cuanto a los sedimentos, la figura 15 indica que el 50% de las muestras de sedimento muestran residuos sólidos y el otro 50% no presenta residuos. Esto muestra una distribución más equilibrada en la presencia de residuos en el sedimento. La mitad de las muestras con residuos sólidos sugiere que hay áreas específicas donde estos se acumulan más, posiblemente influenciadas por la dinámica del agua o por actividades humanas en zonas cercanas.

Figura 15

Presencia de residuos sólidos en las muestras de sedimento

Presencia de Residuos Sólidos en las Muestras de Sedimento



Análisis de la prueba de hipótesis

H1: Las muestras de agua superficial de la laguna Escuri Koriwata presentan una concentración promedio de microplásticos significativamente distinta de cero.

H0: Las muestras de agua superficial de la laguna Escuri Koriwata presentan una concentración promedio de microplásticos igual a cero.

Tabla 5

Estadísticas Descriptivas de la Concentración de Microplásticos en Agua Superficial de la Laguna

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Microplásticos Part/L	10	7,40	6,398	2,023

La tabla muestra la estadística descriptiva de la agrupación de partículas plásticas en los muestreos de agua superficial de la laguna Escuri Koriwata. La media de las reuniones de microplásticos en los muestreos es de 7,40 microplásticos por litro. La desviación estándar de 6,398 insinúa que hay una variabilidad enorme en los niveles de concentración entre las diferentes muestras. La desviación estándar relativamente alta indica que algunos valores pueden estar bastante alejados de la media. El error estándar de la media es 2,023, lo que muestra la exactitud de la estimación de la media en correspondencia con el tamaño del muestreo. En general, estos datos indican que, aunque la concentración promedio es positiva, existe una considerable dispersión entre las muestras.

Tabla 6

Prueba para una muestra, de la Concentración de Microplásticos en Agua Superficial de la Laguna

Valor de prueba = 0						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Microplásticos Part/L	3,658	9	0,005	7,400	2,82	11,98

En las derivaciones de la prueba t de un muestreo, el resultado de la prueba estadística refuta la hipótesis nula (H0), confirmando que los muestreos de agua de

superficie de la laguna Escuri Koriwata presentan una concentración promedio de microplásticos significativamente distinta de cero. El valor de t es 3,658, con 9° de autonomía, y una significancia bilateral de 0,005, lo que muestra que la posibilidad de obtener este resultado por azar es extremadamente baja (menor que 0,5%). La diferencia de medias es de 7,400 Part/L, y el intervalo de confianza del 95% (2,82 a 11,98) no incluye cero, lo que confirma la existencia de una concentración significativa de microplásticos en la masa acuífera de la laguna. En resumen, las derivaciones estadísticas demuestran que la laguna Escuri Koriwata contiene una concentración promedio de microplásticos significativamente mayor que cero, lo que sugiere una posible polución por microplásticos.

H1: Las muestras en sedimentos de la laguna Escuri Koriwata presentan una concentración promedio de microplásticos significativamente distinta de cero.

H0: Las muestras en sedimentos de la laguna Escuri Koriwata presentan una concentración promedio de microplásticos igual a cero.

Tabla 7

Estadísticas Descriptivas de la Concentración de Microplásticos en los sedimentos de la laguna

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Microplásticos Part/L	10	2,60	3,658	1,157

En la tabla se presentan las estadísticas descriptivas de la agrupación de microplásticos en los muestreos de sedimentaciones de la laguna Escuri Koriwata. El valor central estimado es de 2.60 microplásticos por litro. Esto indica que, en promedio, las muestras del sedimento contienen una cuantía moderada de microplásticos. El extravío estándar es de 3.658, lo que enseña una alta derramamiento de los datos



alrededor de la media, lo que sugiere que algunas muestras tienen concentraciones mucho más altas o más bajas que la media. El desvío estándar alta refleja la variabilidad en las reuniones de microplásticos entre las muestras. El error estándar de la media es de 1.157, lo que da una indicación de la exactitud de la estimación de la media en relación con el tamaño de la muestra.

Tabla 8

Prueba para una muestra, de la concentración de Microplásticos en los sedimentos de la laguna

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Microplásticos Part/L	2,248	9	0,051	2,600	-0,02	5,22

En la tabla de la prueba t de una muestra, la derivación de la prueba estadística no refuta la hipótesis nula (H0), que instituye que la agrupación promedio de microplásticos en sedimento de la cuenca Escuri Koriwata es igual a cero. La significancia bilateral de 0,051, ligeramente superior al nivel de significación de 0,05, y el rango de confianza del 95% (-0,02 a 5,22) que incluye cero, sugieren que no hay certeza estadística suficiente para ultimar que la concentración media de microplásticos (2,6 Part/L) es significativamente distinta de cero. Por lo tanto, no se puede afirmar con certeza que la laguna contenga una concentración significativa de microplásticos.



4.2. Discusiones

Las derivaciones conseguidas indicaron concentraciones de microplásticos en agua variaron entre 0 y 18 partículas por litro. Esta heterogeneidad en las concentraciones es consistente con análisis previos que indican que la distribución de microplásticos en cuerpos de medio acuático dulce suele ser irregular debido a factores como las corrientes de fluido hidrológico, la cercanía a fuentes de polución y la actividad humana (Baquerizo et al., 2019). En su revisión sobre microplásticos en sistemas de recurso hídrico no salino, H. C. O. Barraza & Henao (2020) encontraron que la variabilidad espacial es común en estos entornos, lo cual coincide con los patrones observados en la laguna Escuri Koriwata.

Comparando estos valores con estudios internacionales, Cole et al. (2011) mencionan que los cuerpos de agua cercanos a áreas urbanas pueden alcanzar concentraciones mucho mayores. En comparación con los estándares internacionales, como los establecidos en la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea, los niveles de microplásticos identificados en la laguna pueden considerarse preocupantes, ya que implican una alteración en la calidad del H₂O que podría afectar tanto a la existencia marina como a la condición del H₂O para posibles usos humanos (Liu et al., 2024) quienes indicaron que los cuerpos de agua alejados de fuentes industriales o urbanas presentan concentraciones de microplásticos generalmente menores, aunque los microplásticos pueden ser transportados desde otras áreas a través de la atmósfera o de corrientes fluviales.

Además, en línea con la recomendación de la OMS (2018) es importante utilizar un enfoque estandarizado para la detección y parámetro de microplásticos. Esto



permite comparaciones más precisas y monitoreos continuos, lo que en este caso ayudaría a evaluar si las concentraciones de microplásticos en la laguna muestran tendencias de incremento a lo largo del tiempo.

En los sedimentos de la laguna se observaron reuniones de microplásticos que oscilaron entre 0 y 12 átomos por litro. Tejada (2019) sugiere que la sedimentación de microplásticos es común en áreas con menor dinámica de corriente, lo cual es coherente con los puntos de muestreo de la laguna donde se hallaron las agrupaciones más altas de microplásticos, especialmente en PM-04, PM-06, PM-08. En dichos puntos se observó, además, la presencia de residuos sólidos, lo que concuerda con los hallazgos de Claessens et al. (2013), quienes indicaron que la presencia de basura puede facilitar la acumulación de microplásticos en el sedimento al actuar como un mecanismo físico de retención.



CONCLUSIONES

- **PRIMERA.** La concentración de microplásticos en el agua de la laguna Escuri Koriwata evidenció una variabilidad en la concentración, con valores entre 0 y 18 par/L. Las mayores concentraciones se encontraron en puntos cercanos a zonas con residuos sólidos visibles, lo que sugiere una influencia directa de las acciones humanas en la contaminación del recurso hídrico. Estas derivaciones resaltan la prioridad de mejorar la gestión de desechos descartados en el entorno de la laguna y promover programas de conciencia ambiental para disminuir el vertido de plásticos y otros desechos al medio acuático. La existencia de microplásticos en el agua encarna un peligro potencial tanto para la biodiversidad local como para la calidad del medio acuático disponible.
- **SEGUNDA.** La concentración de microplásticos en el sedimento de la cuenca varió entre 0 y 12 partículas por kilogramo, con una distribución heterogénea influenciada por la dinámica de la corriente hidrológica y la existencia de residuos sólidos. Los puntos con mayores concentraciones coincidieron con áreas de acumulación de basura, lo que sugiere que los residuos sólidos favorecen la retención de microplásticos en los sedimentos. Estas derivaciones evidencian la necesidad de agregar acciones concretas para la exclusión de desechos sólidos en la laguna y mejorar la calidad de los sedimentos, ya que la acumulación de microplásticos podría afectar a los cuerpos bentónicos y facilitar su incorporación a la cadena trófica.



RECOMENDACIONES

- **PRIMERA.** Se sugiere que futuros estudios amplíen el análisis de la agrupación de microplásticos en agua, considerando variaciones estacionales y posibles factores que influyan en su distribución, como la dinámica del flujo hídrico, la influencia del clima y la existencia de fuentes contaminantes específicas. Además, sería beneficioso utilizar métodos de identificación más avanzados, como análisis espectroscópico, para caracterizar la composición de los microplásticos y su origen.
- **SEGUNDA.** Es recomendable realizar estudios adicionales sobre la retención y acumulación de microplásticos en sedimentos en diferentes épocas del año, así como analizar su impacto en los organismos bentónicos. También se sugiere examinar la relación entre la textura del sedimento y la concentración de microplásticos, lo que permitiría comprender mejor los factores que favorecen su deposición y acumulación en cuerpos de agua dulce.
- **TERCERA.** Se recomienda que futuras investigaciones analicen con mayor profundidad las posibles fuentes de polución por microplásticos, considerando la cercanía de asentamientos humanos, la actividad agrícola, el uso de detergentes con microplásticos y otros factores antrópicos. Además, sería relevante comparar los resultados obtenidos con otros cuerpos de agua de la región para establecer patrones de polución y posibles medidas de mitigación.



BIBLIOGRAFÍA

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Apaestegui, S. B., & Sangama, P. C. C. (2023). *Determinación de la presencia de microplásticos en el agua superficial de la quebrada Yumantay, Ucayali 2022*. <https://shre.ink/M720>
- Barraza, H. C. O., & Henao, G. Y. C. (2020). Estado del agua del río Cesar como consecuencia de los vertimientos residuales provenientes de Valledupar. Bioindicación por índice BMWP/COL. *Tecnura*, 24(65), Article 65. <https://doi.org/10.14483/22487638.15766>
- Barraza, J. E., Esperanza Melara, V., Christoph, R., Hernández, Á. A., Muñoz, R., Büscher, W. C., Ventura Luna, J. S., Humberstone Morales, J. E., & Rodríguez, A. S. (2021). *Microplásticos en agua superficial de la costa de El Salvador*. <https://shre.ink/Mhkv>
- Barrera, E. F. L. (2021). *Evaluación de los sedimentos y de la calidad del agua en el sector del río Chicamocha entre los municipios de Capitanejo y Molagavita, Santande*. <https://shre.ink/MhQT>
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplásticos: Presencia Creciente en Todos los Medios Ambientales, Descripción de sus Características y Riesgos Potenciales para la Salud Pública. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175.
- Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, M. B., & Janssen, C. R. (2013). New approaches for identifying microplastics in depositing and



- structure gathered from natural environments. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1), 227-233. <https://shre.ink/MhkZ>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as environmental pollutant in the ocean: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597. <https://shre.ink/MhkX>
- DIGESA. (2015). *Protocolo de procedimientos para la extracción de muestras, preservación, conservación, transporte almacenamiento y recepción de agua para consumo humano*.
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). Significant microplastic contamination in a large, remote mound lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). How detritus affects maritime life. *Marine Pollution Newsletter*, 92(1), 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>
- Huaman, J. S. C., & Martinez, C. E. Y. (2023). *Presencia de microplásticos en playas del Lago Titicaca, Puno—2023* [Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo]. <https://shre.ink/MhQ9>
- Huamán, R. H. (2021). *Diagnóstico de la existencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del Río Rímac* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://shre.ink/M72y>



- Huamán, R. H., & Fuentes, N. R. G. (2023). Microplásticos en sedimentos fluviales en la cuenca baja del río Rímac, Perú. *Espacio y Desarrollo*, 40, 36-57. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.2023.002>
- Imhof, H. K., Schmid, J., Niessner, R., Ivleva, N. P., & Laforsch, C. (2012). An innovative and efficient approach for the isolation and measurement of plastic debris in maritime deposit. *Limnology and Oceanography: Methods*, 10(7), 524-537. <https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.524>
- Kazour, M., Jemaa, S., Issa, C., Khalaf, G., & Amara, R. (2019). Pollution from microplastics along the seaside of Lebanon (Eastern Mediterranean Basin) Appearance in face water, depositing and biota specimen. *Scientist of The Total Environment*, 696, 133933. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133933>
- Liu, W., Li, S., Zhou, Y., Cai, Y., Liu, C., & Yang, Z. (2024). Features, drivers, and environmental risk evaluation of microplastics in the veneer water of municipal stream in the Guangdong-Hong Kong-Macao region Larger Bay Area cities—A case study of Dongguan city. *Environmental Pollution*, 362, 125024. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125024>
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). *Methods for lab-based scrutiny of microplastics in marine settings: Suggestions for measure artificial particles in water and depositing*. [Report]. NOAA Marine Debris Division. <https://doi.org/10.25607/OBP-604>



- Pastor, C. B., Vicente Agulló, D., Bollaín Pastor, C., & Vicente Agulló, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial repercusión en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, 93. <https://shre.ink/MhkY>
- Quispe, Y. V. C., & Zavaleta, P. A. N. (2023). *Cuantificación y dispersión de microplásticos en las playas arenosas de Lima norte, Perú 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://shre.ink/MhkF>
- Rochman, C., Browne, M. A., & Jan, U. (2016). *The ecological influence of marine detritus: Unraveling the documented testimony from what is regarded — Rochman—2016—Ecology—Wiley Online Library*. <https://shre.ink/M72q>
- Ruggero, F., Gori, R., & Lubello, C. (2019). *Methodologies to measure biodegradation of biobased during aerobic compost and thermophilic assimilation A review—Federica Ruggero, Riccardo Gori, Claudio Lubello, 2019*. <https://shre.ink/M72t>
- Ruz, V. H., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Atmosphere: A Review of the Procedure Used for designation and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Sandoval, J. E. B., Melara, V. E., Christoph, R., Hernández, Á. A., Muñoz, R., Büscher, W. C., Luna, J. S. V., Morales, J. E. H., & Rodríguez, A. S. (2021). Microplásticos en agua superficial de la costa de El Salvador. *Realidad y Reflexión*, 54(54), Article 54. <https://doi.org/10.5377/ryr.v54i54.12072>



- Talavera, V. R. B. (2021). *Identification of microplastics at nine beaches in Camaná—Arequipa—Peru and a Sensitization Program* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. <https://shre.ink/Mhki>
- Tejada, A. Me. S. de. (2019). *Contaminación por microplástico en un lago endorreico de tierras bajas: El caso de Petén Itzá* [Tesis de pregrado]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical business of the Royal Association B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973-1976. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>
- Villa, R. A. S., & Corredor, J. A. G. (2016). *La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos*.
- Wang, W., Ndungu, A. W., Li, Z., & Wang, J. (2017). Microplastics defilement in inland drinking water of China: A instance study in urban side waters of Triumph, China. *Science of The Total Atmosphere* 575, 1369-1374. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.213>



ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADORES	UNIDAD
<p>GENERAL: PG: ¿De qué manera están presentes los microplásticos en el agua y los sedimentos de la laguna Escuri Koriwata en el distrito de San Miguel, y cuál es su concentración actual en estos ecosistemas?</p>	<p>GENERAL: OG: Evaluar los microplásticos presentes en agua y sedimento de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel, 2024</p>	<p>GENERAL: HG: Los microplásticos están presentes en concentraciones significativas en el agua y sedimentos de la laguna Escuri Koriwata en el distrito de San Miguel, afectando la calidad del ecosistema acuático.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE : Presencia de microplásticos</p>	<p>Presencia de residuos orgánicos e inorgánicos</p>	<p>N° de part e</p>
<p>ESPECÍFICOS: PE1: ¿Cuál es la concentración de microplásticos presentes en el agua de la laguna Escuri Koriwata en el distrito de San Miguel, y qué implicancias podría tener para el ecosistema acuático? PE2: ¿Cuál es la concentración de microplásticos en los sedimentos de la laguna Escuri Koriwata, y de qué manera pueden estos contaminantes afectar a las especies y procesos ecológicos en el lecho acuático?</p>	<p>ESPECÍFICOS: OE1: Determinar la concentración de microplásticos presentes en agua de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel OE2: Determinar la concentración de microplásticos presentes en sedimentos de la laguna Escuri Koriwata del distrito de San Miguel</p>	<p>ESPECÍFICOS: HE1: Existen concentraciones detectables de microplásticos en el agua de la laguna Escuri Koriwata, que pueden representar una amenaza para la vida acuática y la calidad del recurso hídrico. HE2: Los sedimentos de la laguna Escuri Koriwata presentan una acumulación significativa de microplásticos, que afecta a las especies bentónicas y puede contribuir a la contaminación prolongada del ecosistema acuático.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE: Concentración de microplásticos en agua y sedimento</p>	<p>Aguas Sedimentos</p>	<p>N°part/L N°part/L</p>

Anexo 2. Ubicación del muestreo de aguas



Anexo 3. Ubicación del muestreo de sedimentos





Anexo 4. Resultados de análisis



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA109 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Koral Valery Juarez Chahuara
- 1.2. Proyecto : EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas superficiales
- 2.2. Numero de muestras : 10
- 2.3. Muestreado por : Koral Valery Juarez Chahuara
- 2.4. Fecha de ensayo : 20/08/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : San Miguel
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
PM-01	E: 377679 N: 8291989	19/08/2024	10:00
PM-02	E: 377723 N: 8291937	19/08/2024	10:15
PM-03	E: 377785 N: 8291859	19/08/2024	10:28
PM-04	E: 377862 N: 8291649	19/08/2024	10:44
PM-05	E: 377795 N: 8291749	19/08/2024	11:02
PM-06	E: 377888 N: 8291483	19/08/2024	11:18
PM-07	E: 378035 N: 8291224	19/08/2024	11:40
PM-08	E: 378395 N: 8291339	19/08/2024	12:20
PM-09	E: 378439 N: 8291522	19/08/2024	12:35
PM-10	E: 378148 N: 8291315	19/08/2024	13:07





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

III. RESULTADOS

Código	Temperatura °C	pH	Microplásticos Part/L
PM-01	13.4	7.34	0
PM-02	13.6	7.57	6
PM-03	13.7	7.63	4
PM-04	13.5	7.24	10
PM-05	13.7	7.58	12
PM-06	13.6	7.45	14
PM-07	13.7	7.57	18
PM-08	13.7	7.63	10
PM-09	14.2	7.51	0
PM-10	14	7.59	0

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Directiva Marco del Agua (UE)

Juliaca, 02 de setiembre del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca
C.P. 42790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Nº.B.E.: 00225134
Página 2 de 4



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - SEDIMENTO

INFORME N° LCA110 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Koral Valery Juarez Chahuara
- 1.2. Proyecto : EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Sedimento
- 2.2. Numero de muestras : 10
- 2.3. Muestreado por : Koral Valery Juarez Chahuara
- 2.4. Fecha de ensayo : 20/08/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : San Miguel
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
PM - 01	E: 377679 N: 8291989	19/08/2024	10:00
PM - 02	E: 377723 N: 8291937	19/08/2024	10:15
PM - 03	E: 377785 N: 8291859	19/08/2024	10:28
PM - 04	E: 377862 N: 8291649	19/08/2024	10:44
PM - 05	E: 377795 N: 8291749	19/08/2024	11:02
PM - 06	E: 377888 N: 8291483	19/08/2024	11:18
PM - 07	E: 378035 N: 8291224	19/08/2024	11:40
PM - 08	E: 378395 N: 8291339	19/08/2024	12:20
PM - 09	E: 378439 N: 8291522	19/08/2024	12:35
PM - 10	E: 378148 N: 8291315	19/08/2024	13:07



N° B.E.: 00225134
Página 3 de 4



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

III. RESULTADOS

Código	Temperatura °C	pH	Microplásticos Part/Kg
PM-01	13.4	7.34	0
PM-02	13.6	7.57	2
PM-03	13.7	7.63	0
PM-04	13.5	7.24	12
PM-05	13.7	7.58	2
PM-06	13.6	7.45	4
PM-07	13.7	7.57	2
PM-08	13.7	7.63	4
PM-09	14.2	7.51	0
PM-10	14	7.59	0

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Directiva Marco del Agua (UE)

Juliaca, 02 de setiembre del 2024


 UNIVERSIDAD ANDINA
 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 Mgr. Ing. Milton Quispe Huanca
 C.I.P. 47790
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Nº B.E.: 00225134
Página 4 de 4



Anexo 5. Cadena custodia de agua

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERON CABRER VELASQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

Datos del cliente

SOLICITANTE: **KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA** DEPARTAMENTO: **PUNO**

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTOS DE LA LAGUNA ESCURDI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2024** PROVINCIA: **SAN ROMÁN**

DISTRITO: **SAN MIGUEL**

GUARDAR CADENA EN PDF

Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARÁMETROS DE ENSAYO								OBSERVACIONES	
			Código	Sub-grupo		Coordenadas (UTM)	V	P	T° Muestra (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)			
															Grado		AN S
1 PM-01	F19/08/24	10:00 am	2	AN S	8291489	2	2	13.4	7.34								PH-01
2 PM-02	F19/08/24	10:15 am	2	AN S	8291493	2	2	13.6	7.57								PH-02
3 PM-03	F19/08/24	10:28 am	2	AN S	8291859	2	2	13.7	7.63								PH-03
4 PM-04	F19/08/24	10:44 am	2	AN S	8291699	2	2	13.5	7.24								PH-04
5 PM-05	F19/08/24	11:02 am	2	AN S	8291749	2	2	13.7	7.58								PH-05
6 PM-06	F19/08/24	11:18 am	2	AN S	8291483	2	2	13.6	7.45								PH-06
7 PM-07	F19/08/24	11:40 am	2	AN S	8291224	2	2	13.7	7.57								PH-07
8 PM-08	F19/08/24	12:20 pm	2	AN S	8291839	2	2	13.7	7.63								PH-08

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: **MICROPLÁSTICOS**

PARÁMETROS DE ENSAYO:

PARÁMETRO III BIFU:

Legenda

F: Fecha N: N° de Muestra V: Vial P: Pípeto T°: T° Muestra

CE: Conductividad Eléctrica

Muestreado por: **KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA**

Fecha: **19-08-2024**

EM: EMpleado

Muestreado por: LAB Cliente

Observaciones / Comentarios:

Anexo 6. Panel fotográfico

Toma de muestras de aguas superficiales



Toma de muestras de sedimentos



Muestras de agua superficial



Filtrado de muestras de agua



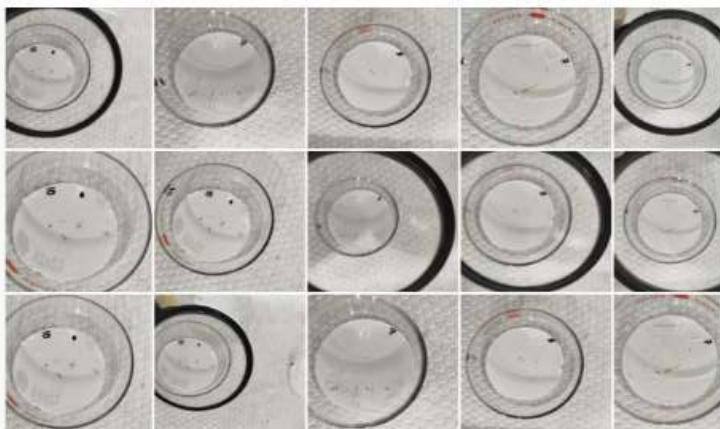
Residuos de la muestra filtrada



Vista de microplásticos en microscopio



Microplásticos en aguas superficiales



Muestras de sedimentos



Filtrado de muestras



Separación de microplásticos por densidad



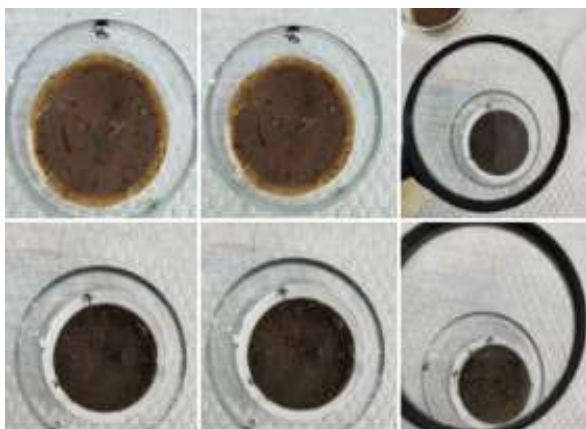
Residuos del sedimento filtrado



Vista en microscopio de microplásticos en sedimentos



Microplásticos en aguas superficiales



Secado de sedimentos a condiciones normales



Especies en la Laguna Escuri Koriwata





Anexo 7. Normativa

Norma/Directriz	Organización	Descripción	Datos Referenciales
ISO 21675:2019	ISO (Organización Internacional de Normalización)	Describe métodos para muestreo y análisis de microplásticos en agua, sedimentos y biota. No fija rangos aceptables, pero sí estandariza el proceso de muestreo.	Tamaño de partículas: - Microplásticos: 1 μm a 5 mm. Análisis: espectroscopía FTIR, microscopía.
Directiva 2019/904	Unión Europea	Normativa para reducir la contaminación por plásticos, incluyendo microplásticos en cosméticos y productos industriales. No define límites específicos en agua.	Sin datos referenciales específicos; se enfoca en la prevención de contaminación por plásticos en general.
PNUMA - Directrices para Monitoreo	PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente)	Protocolo para monitoreo de microplásticos en ambientes acuáticos, principalmente en áreas costeras y cuerpos de agua dulce.	Tamaño de partículas: - Entre 100 μm y 5 mm. Concent. reportadas: < 1 a 10 partículas/L en agua; varía en sedimentos.
Directrices de la UE - Marco de Agua	Unión Europea	Directrices bajo el Marco de Agua, que incluye métodos de monitoreo para microplásticos en aguas continentales y marinas.	Concentración comúnmente reportada: - Aguas: 0.01 a 10 partículas/L en estudios de referencia.
Normativa ASTM (en desarrollo)	ASTM International	Métodos en desarrollo para análisis de microplásticos en sedimentos y suelos. Incluye procesos de separación de microplásticos por densidad.	Sin datos específicos; en proceso de desarrollo para definir protocolos en distintas matrices ambientales.
Estudios académicos de referencia		Varios estudios en cuerpos de agua dulce (lagos, lagunas) como datos comparativos para la concentración de microplásticos.	Rango típico en agua dulce: - Menos de 1 a >100 partículas/L. En sedimentos: partículas por kg o g de sedimento.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 31 DE MARZO, 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: KORAL VALERY JUAREZ CHAHUARA

Dirección: JR. HUAYNA ROQUE N°481

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 75996347

Teléfono: 902 210 151 email: koral.chahuara@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN AGUA Y SEDIMENTO DE LA LAGUNA
ESCURI KORIWATA DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGUA SUPERFICIAL, LAGUNA, MICROPLÁSTICOS, SEDIMENTOS

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22



31 DE MARZO DEL 2025

Firma de Autor

huella digital

Fecha