



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**MICROPLÁSTICOS EN PECES NATIVOS DEL GÉNERO *Orestias***  
**spp DEL LAGO TITICACA QUE SON DESTINADOS AL**  
**CONSUMO HUMANO - PERÚ**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. GARIZ CHILECA RIVEROS URBINA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**MICROPLÁSTICOS EN PECES NATIVOS  
DEL GÉNERO Orestias spp DEL LAGO TIT  
ICACA QUE SON DESTINADOS AL CONS**

AUTOR

**GARIZ CHILECA RIVEROS URBINA**

RECuento de palabras

**12814 Words**

RECuento de caracteres

**66918 Characters**

RECuento de páginas

**74 Pages**

Tamaño del archivo

**3.1MB**

Fecha de entrega

**Apr 26, 2024 10:05 AM GMT-5**

Fecha del informe

**Apr 26, 2024 10:07 AM GMT-5**

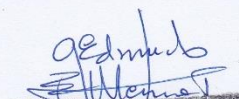
● **7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



**Dr. Edmundo G. Moreno Terrazan**  
PROFESOR PRINCIPAL  
UNA - PUNO



## DEDICATORIA

*A quienes me acompañan en este bello  
y fascinante camino de la vida: mis  
papás Angela y Elías. También a  
quienes no están más a mi lado, pero  
sé que me iluminan desde arriba, mi  
papá Leonidas, quien me dio la vida,  
mi hermana Nizbel y mi sobrina  
Luhana.*



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida por haberme permitido nacer en una familia fuerte y con una gran líder, mi madre.

A mi madre, Angela Urbina, quien desde pequeña me impulso a ser una mujer fuerte, independiente y determinada, gracias por ser tan buen ejemplo para tus hijas.

A mis hermanos Neyder y Wilber quienes siempre me apoyaron incondicionalmente y muestran constante preocupación por mi bienestar.

A mi director y asesor de tesis, Dr. Edmundo Moreno, quien siempre estuvo presto a resolver mis dudas, ayudándome ante cualquier contratiempo y sobre todo orientándome desde el inicio en la formulación y el desarrollo de este trabajo.

A mí también asesora, MV Msc PhD (c) Charlene Luján, por el enorme apoyo, orientación, paciencia, motivación que me brindó desde el primer momento en el que llegué al laboratorio, pero, sobre todo, por compartir sus conocimientos sin reservas y guiarme para ser una buena investigadora.

A Women in Nature Network – Perú, este trabajo de investigación no se hubiera podido realizar sin el financiamiento que me brindaron.

A la Asociación para la Ciencia y el Desarrollo Ambiental, Natural Way – Perú, el financiamiento que me brindaron fue de gran ayuda para culminar este trabajo de investigación.

Al proyecto Microplastic Fauna Perú Project, por brindarme el espacio en el laboratorio, facilitarme los equipos y protocolos para hacer de esta una buena investigación.

A los docentes de la Escuela Profesional del Biología por compartir sus conocimientos y motivarnos por seguir el camino de la investigación.

A los señores Nelly Coila y Moisés Quispe, por su apoyo durante mi estancia en Lima y por su genuino interés en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la señora Mercedes Vega, no hubiera sido posible enfocarme en la redacción de esta tesis sin su apoyo.

A todo el equipo de Microplastic Fauna Perú Project, Charlene, José, Sandra y Nataly, gracias por las risas y el enorme apoyo que me brindaron, sin ustedes no hubiera sido posible terminar este trabajo.

Por último, agradezco al Blgo. Jhazel, gracias por tus palabras de aliento, por el apoyo que me brindas, tu orientación, por escucharme tan atentamente cuando te hablaba de mi trabajo y por darme tanta paz en momentos de caos.



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVO GENERAL ..... 15**

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 15**

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES ..... 16**

**2.2. MARCO TEÓRICO ..... 19**

**2.3. MARCO CONCEPTUAL ..... 24**



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

|      |                              |    |
|------|------------------------------|----|
| 3.1. | ÁREA DE ESTUDIO.....         | 26 |
| 3.2. | TAMAÑO DE MUESTRA.....       | 27 |
| 3.3. | AGRUPACIÓN DE MUESTRAS ..... | 28 |
| 3.4. | METODOLOGÍA .....            | 29 |

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

|      |   |    |
|------|---|----|
| 4.1. | ABUNDANCIA Y CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN<br>PECES NATIVOS DEL GÉNERO <i>ORESTIAS</i> DEL LAGO TITICACA.. | 34 |
| 4.2. | COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA Y CARACTERÍSTICAS DE<br>MICROPLÁSTICOS ENTRE ESPECIES.....                           | 51 |
| V.   | CONCLUSIONES .....  | 58 |
| VI.  | RECOMENDACIONES .....   | 59 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 60 |
|      | ANEXOS.....   | 68 |

**ÁREA:** Ciencias Biomédicas

**SUB LÍNEA:** Conservación y aprovechamiento de Recursos Naturales

**FECHA DE SUSTENTACION:** 30 de abril del 2024



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1</b>  | <i>Imagen referencial de O. luteus</i> .....  | 21 |
| <b>Figura 2</b>  | <i>Distribución de O. luteus (carachi amarillo) en el lago Titicaca</i> .....   | 22 |
| <b>Figura 3</b>  | <i>Imagen referencial de O. ispi</i> .....  | 23 |
| <b>Figura 4</b>  | <i>Distribución de O. ispi (carachi amarillo) en el lago Titicaca</i> .....   | 24 |
| <b>Figura 5</b>  | Lugares en los que se compraron las muestras para este estudio. A) mercado Unión y dignidad, B) mercado Laykakota.....  | 26 |
| <b>Figura 6</b>  | <i>Formas de microplásticos hallados. a) esfera (Aumento: 50x), b) fragmento (Aumento: 50x), c) fibra (Aumento: 30x) y d) film (Aumento: 50x) encontrado en los tejidos de O. ispi; e) film (Aumento: 30x), f) fibras (Aumento: 50x) y g) fragmento (Aumento: 40x) encontrados en O. luteus</i> . | 43 |
| <b>Figura 7</b>  | <i>Formas de microplásticos encontrados en O. ispi</i> .....  | 44 |
| <b>Figura 8</b>  | <i>Distribución de la forma de los microplásticos en los tejidos de O. ispi</i> ....  | 45 |
| <b>Figura 9</b>  | <i>Formas de microplásticos encontrados en O. luteus</i> .....  | 46 |
| <b>Figura 10</b> | <i>Color de microplásticos encontrados en O. ispi</i> .....   | 48 |
| <b>Figura 11</b> | <i>Color de microplásticos encontrados en los tejidos analizados O. ispi</i> .....  | 49 |
| <b>Figura 12</b> | <i>Color de microplásticos encontrados en O. luteus</i> .....   | 49 |
| <b>Figura 13</b> | <i>Comparación de la forma de microplásticos hallados en O. ispi y O. luteus, expresado en porcentaje</i> .....   | 54 |



|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 14</b> <i>Comparación del color de microplásticos hallados en <i>O. ispi</i> y <i>O. luteus</i>, expresado en porcentaje .....</i>                | 55 |
| <b>Figura 15</b> <i>Comparación del porcentaje de tamaño de microplásticos encontrados en <i>O. ispi</i> y <i>O. luteus</i> según rango de tamaño .....</i> | 56 |





## ÍNDICE DE TABLAS

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| <b>Tabla 1</b>  | Morfometría de los peces evaluados, peso total promedio y sumatoria del peso de tracto gastrointestinal (TGI), músculo (M) y carcasa (C) de cada grupo de procesamiento analizado en el estudio. En el estudio, se considera únicamente el tracto gastrointestinal de <i>O. luteus</i> . .... | 35 |
| <b>Tabla 2</b>  | Control de calidad: cantidad de microplásticos encontrados en los blancos de procesamiento (BP) de los tejidos analizados de <i>O. ispi</i> y <i>O. luteus</i> . ....   | 37 |
| <b>Tabla 3</b>  | Tasa de recuperación por especie y tejido analizado. ....   | 38 |
| <b>Tabla 4</b>  | Número total de microplásticos encontrados en los tejidos analizados de <i>O. ispi</i> y <i>O. luteus</i> . ....  | 40 |
| <b>Tabla 5</b>  | Cantidad y abundancia de microplásticos en las dos especies analizadas ...  | 41 |
| <b>Tabla 6</b>  | Forma de los microplásticos hallados en tejidos de <i>O. ispi</i> y <i>O. luteus</i> . ....   | 44 |
| <b>Tabla 7</b>  | Color de los microplásticos hallados en tejidos de <i>O. ispi</i> y <i>O. luteus</i> . ....   | 47 |
| <b>Tabla 8</b>  | Clasificación del tamaño de microplásticos hallados en las especies analizadas .....  | 50 |
| <b>Tabla 9</b>  | Número de microplásticos hallados en el tracto gastrointestinal de <i>O. ispi</i> y <i>O. luteus</i> .....  | 52 |
| <b>Tabla 10</b> | Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk .....  | 53 |
| <b>Tabla 11</b> | Prueba de análisis de varianza ANOVA de un factor .....   | 53 |



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

|      |                         |
|------|-------------------------|
| LT:  | Longitud total          |
| TGI: | Tracto gastrointestinal |
| MP:  | Microplástico           |
| KOH: | Hidróxido de potasio    |
| mm:  | Milímetros              |
| µm:  | Micrómetros             |
| DT:  | Desviación Típica       |



## RESUMEN

La contaminación por microplásticos en ecosistemas continentales representa una preocupación que afecta a la biota y la salud humana. Por tal motivo, se estudió los microplásticos en peces nativos del género *Orestias* spp del lago Titicaca que son destinados al consumo humano. El objetivo general fue: caracterizar la presencia de microplásticos en peces nativos del género *Orestias* del lago Titicaca destinados al consumo humano; los objetivos específicos fueron: a) Determinar la abundancia y características de microplásticos en peces nativos del género *Orestias* del Lago Titicaca, y b) Comparar la abundancia y características entre peces del género *Orestias*. Se analizaron el músculo, TGI y carcasa de *O. ispi* (n= 70) y TGI de *O. luteus* (n= 70), en grupos de procesamiento de 10 individuos cada uno, para extraer microplásticos mediante digestión alcalina con hidróxido de potasio al 10%. Los datos de abundancia se presentaron como MP/g y las características como porcentaje. Se encontraron en total 259 microplásticos, de estos, la mayor abundancia de microplásticos se encontró en el músculo de *O. ispi* (13,9 MP/g). Las formas predominantes fueron las fibras (76,8%) y se encontraron colores variados con una predominancia de microplásticos transparentes (64,5%). Se encontró diferencia significativa entre la abundancia de microplásticos encontrados en el TGI de *O. ispi* (6,8 MP/g) y *O. luteus* (0,2 MP/g). Las características de los microplásticos encontrados en *O. ispi* y *O. luteus* difieren en cuanto al tamaño, encontrando principalmente microplásticos del rango de tamaño de 1  $\mu\text{m}$  - 1000  $\mu\text{m}$  en *O. ispi*, mientras que en *O. luteus* el tamaño predominante fue del rango 1001  $\mu\text{m}$  - 5000  $\mu\text{m}$ . Se concluye que la abundancia de microplásticos encontrados en los peces del género *Orestias* muestran la ingesta y translocación de este contaminante emergente en los tejidos comestibles de los peces; y, que la diferencia de la abundancia y características de los microplásticos encontrados sugiere que los hábitos alimenticios influyen en la ingesta de microplásticos.

**Palabras Clave:** Digestión alcalina, Género *Orestias*, Microplásticos, Translocación.



## ABSTRACT

Microplastic contamination in freshwater ecosystems represents a concern for biota and human health. For this reason, microplastics were studied in native fish of the genus *Orestias* from Lake Titicaca intended for human consumption. The general objective was: to characterize the presence of microplastics in native fish of the genus *Orestias* from Lake Titicaca intended for human consumption; The specific objectives were: a) Determine the abundance and characteristics of microplastics in native fish of the *Orestias* genus from Lake Titicaca, and b) Compare the abundance and characteristics between fish of the *Orestias* genus. The muscle, GIT and carcass of *O. ispi* (n= 70) and GIT of *O. luteus* (n= 70) were analyzed, which were grouped into processing groups of 10 individuals each, to extract microplastics by alkaline digestion with 10% potassium hydroxide, presenting abundance data as MP/g and characteristics as a percentage. A total of 259 microplastics were found, the highest abundance of microplastics was found in the muscle of *O. ispi* (13,9 MP/g); The predominant forms were fibers (76,8%) and varied colors were found with a predominance of transparent microplastics (64,5%). A significant difference was found between the abundance of microplastics found in the GIT of *O. ispi* (6,8 MP/g) and *O. luteus* (0,2 MP/g); The characteristics of the microplastics found in *O. ispi* and *O. luteus* differ in terms of size, mainly finding microplastics in the size range of 1  $\mu\text{m}$  - 1000  $\mu\text{m}$  in *O. ispi* while in *O. luteus* the predominant size was in the range 1001  $\mu\text{m}$  - 5000  $\mu\text{m}$ . It is concluded that the abundance of microplastics found in fish of the *Orestias* genus shows the ingestion and translocation of this emerging contaminant in the edible tissues of the fish; and, that the difference in the abundance and characteristics of the microplastics found suggests that eating habits influence the intake of microplastics.

**Keywords:** Alkaline digestion, Genus *Orestias*, Microplastics, Translocation



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

La contaminación por plásticos es un problema cada vez mayor, con una producción mundial que ascendió hasta 390 millones de toneladas en el 2021 (“Plastics - the Facts 2022 • Plastics Europe”, s/f), por lo que están ampliamente distribuidos a nivel mundial, encontrándose en diferentes ecosistemas acuáticos (Lusher et al., 2016) con presencia incluso en los lugares más remotos (Free et al., 2014). Una vez que los plásticos llegan al ambiente se exponen a procesos mecánicos como la radiación solar, al agua y al roce con la arena lo que ocasiona que se fragmentan en pedazos cada vez más pequeños para de esta manera generar lo que hoy se conoce como microplásticos (Cole et al., 2011; Derraik, 2002).

Los microplásticos son considerados uno de los contaminantes ambientales más importantes debido al aumento y a la gran cantidad de impactos ecológicos que ocasionan (Gregory, 2009), a su vez estos posiblemente lleguen a los ríos por actividades domésticas como el lavado de ropa (Alam et al., 2019). Asimismo, Yu et al., (2024) concluye que además de las microperlas que existen en productos de cuidado personal y los envases de productos de consumo, las actividades comerciales e industriales son fuentes de microplásticos.



Cuando los microplásticos ingresan en el medio ambiente, estos pueden ser ingeridos por moluscos, pequeños invertebrados y peces (Gall & Thompson, 2015). Además, Nelms et al., (2018) en su estudio encontró que estos tienen potencial de transferencia trófica. Actualmente la ingesta de microplásticos por especies continentales viene siendo ampliamente estudiada en China (Jabeen et al., 2017; Sun et al., 2021), también en Estados Unidos (Parker et al., 2020; Peters & Bratton, 2016), y en Brasil (Pazos et al., 2017; Pegado et al., 2018; Silva-Cavalcanti et al., 2017), entre otros. Del mismo modo en Perú se tienen registros de la ingesta de microplásticos por peces de importancia económica en Iquitos (Chota-Macuyama & Mendoza, 2020), en peces amazónicos de consumo humano (Ureta Santillan, 2022), peces del río Ucayali (Salinas Luna & Flores Chuquival, 2023) y en el carachi y pejerrey de la laguna Pomacanchi-Acomayo, Cusco (Mio-Diaz & Moscoso, 2023).

Actualmente se conoce que la contaminación por microplásticos se tiene un impacto significativo en los organismos de la naturaleza, esto hace que sea necesario entender la magnitud del impacto de los microplásticos en la biodiversidad de ecosistemas continentales y sobre todo en el lago Titicaca. Para entender la magnitud del impacto de la contaminación por microplásticos en el lago Titicaca, se realizó el estudio de microplásticos en peces del género *Orestias* destinados a consumo humano de la bahía de Puno, lago Titicaca.

Teniendo en cuenta la importancia del estudio de microplásticos en los peces nativos del lago Titicaca se planteó el siguiente objetivo general:



## **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la presencia de microplásticos en peces nativos del género *Orestias* spp del lago Titicaca destinados al consumo humano.

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Y como objetivos específicos:

- Determinar la abundancia y características de los microplásticos en peces nativos del lago Titicaca que son destinados al consumo humano.
- Comparar la abundancia y características de microplásticos entre especies.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Hasta el año 2021, se ha documentado la presencia de microplásticos (MP) en peces de agua dulce de 29 países alrededor del mundo, con reportes positivos en 199 especies, se ha encontrado MP en las branquias. Además, se ha reportado la ingesta mediante evaluación del tracto gastrointestinal, también, existen reportes que demuestran la translocación de los MP más pequeños a diferentes tejidos de los peces, como en hígado y músculo (Galafassi et al., 2021).

Los microplásticos en el tracto gastrointestinal, contenido estomacal o intestinos de peces de agua dulce vienen siendo ampliamente estudiados. Collard et al., (2018) en su estudio realizado en los ríos Marne y Sena, Francia, evaluaron el estómago de *Squalius cephalus* encontrando una abundancia de 7 partículas, En peces de la plataforma continental de Galicia y el mar Cantabria, España, se encontraron en total 100 microplásticos en el contenido estomacal de 64 individuos (Filgueiras et al., 2020), en el lago Victoria, Tanzania se ha registrado la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal en 18 de 40 individuos analizados (Biginagwa et al., 2016), en peces del río Támesis, Reino Unido se ha reportado 44 microplásticos en el contenido intestinal en 21 de 64 individuos con una abundancia de 0,69 MP/ind. En peces de humedales urbanos de Australia se reportó una abundancia de 0,6 MP/ind. y 0,1 MP/ind en el cuerpo y la cabeza de los peces respectivamente, en peces del río Pearl, China se encontró una abundancia de 5,6 MP/ind. en el estómago e intestino (Wang et al., 2020). Sin embargo, aunque son pocos los estudios que reportan la traslocación de microplásticos hacia otros tejidos de los peces, esta se ha reportado en peces de Colombia (A. G. Garcia et al., 2021)





Características como la forma, el color y el tamaño representan información importante que ayuda a entender el destino de los microplásticos en el ambiente y la biota (Rochman et al., 2019). En estudios en peces de agua dulce y agua oceánica se ha reportado una predominancia de la presencia de microplásticos en forma de fibras (Galafassi et al., 2021), como se ha reportado en las especies *Gobio gobio* y *Rutilus rutilus* del río Widana, Polonia (Kuśmierk & Popiołek, 2020), en *Rutilus rutilus* del río Támesis, Reino Unido (Horton et al., (2018), en *Lepomis macrochirus*, *Lepomis megalotis*, *Lepomis cyanellus* y *Lepomis microlophus* del río Brazos, Estados Unidos (Peters & Bratton, 2016). Asimismo, en estudios realizados en especies de peces de interés comercial en China (Zhang et al., 2020) e India (Daniel et al., 2020), en los que analizaron el tracto gastrointestinal se encontraron principalmente microplásticos en forma de fibras, al igual que en peces del estuario del río Pearl, China (Lin et al., 2020). Por otro lado, en cuanto al tamaño Devi et al., (2020) reporta haber encontrado microplásticos en el rango 0,89 – 4,85 mm en el intestino de peces del lago Vembanad, India. En cuanto al color de los microplásticos, aunque en los diferentes estudios se encuentra una gran variedad de colores predominantes, entre ellos se ha reportado la predominancia del color blanco en las branquias y el tracto gastrointestinal (Sun et al., 2021).

En Sudamérica, se ha registrado la presencia de microplásticos en el 100% de individuos de 11 especies de peces del río La Plata, Argentina, encontrando principalmente fragmentos de diferentes colores (Pazos et al., 2017). Asimismo, en el estuario del río Amazonas, Brasil se ha reportado la presencia de microplásticos en 14 de 46 especies evaluadas encontrando 210 microplásticos en total, en forma de pellets, fragmentos, sheets e hilos (Pegado et al., 2018), mientras que en un estudio realizado en peces de arroyos urbanizados y no urbanizados de Brasil se encontraron en total 66 microplásticos en 63 de 294 individuos (T. D. Garcia et al., 2020); en el río Magdalena,



Colombia se reportó la predominancia de microplásticos en las branquias y el tracto gastrointestinal, sin embargo también reportaron la traslocación de microplásticos hacia el músculo de los peces, encontrando mayormente fragmentos (A. G. Garcia et al., 2021).

En el Perú, se ha reportado la ingesta de microplásticos por peces de ecosistemas continentales de la ciudad de Iquitos, encontrando 0,34 MP/ind. con un rango de tamaño de 0,4 – 4,39 mm, forma de filamentos y fragmentos, y con la predominancia del color azul (Chota-Macuyama & Mendoza, 2020). Del mismo modo, en peces de Iquitos, Rojas et al., (2023) encontró una abundancia de 17,9 MP/ind. en las branquias y 20,3 MP/ind en los órganos (tracto gastrointestinal y órganos internos). En peces del género *Orestias* y la especie *Odontesthes bonariensis* de la laguna Pomacanchi, Cusco Mio-Diaz & Moscoso, (2023) encontraron 61 microplásticos en forma de fragmentos, fibras y films siendo el color blanco el predominante.

Estudios sobre microplásticos en el lago Titicaca reportan la presencia de microplásticos en el agua y la biota (peces) del lago. Loayza et al., (2022) encontró en total 3395 microplásticos en el agua y una frecuencia del 5% de microplásticos en las especies *O. luteus*, *O. agassizii*, *Trycomichterus dispar*, *Odontesthes bonariensis*, por otro lado, Ordoñez Rivera & Sanchez Moreno del Castillo, (2019) encontró una abundancia de 25,4056 MP/ind en *O. luteus*.



## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Abundancia y características de los microplásticos en peces nativos del lago Titicaca.

#### 2.2.1.1. El lago Titicaca

Es una cuenca lacustre septentrional del Altiplano, planicie endorreica peruano boliviana de altura elevada, es la superficie navegable más alta del mundo ubicada a 3.809 metros sobre el nivel del mar (Iltis, 1991). Tanto por su extensión como por su profundidad, es calificado como el lago navegable más alto del mundo. Está dividido en dos cuencas lacustres: el "lago Menor" (o Huiñaimarca) y el "lago Mayor", llamado también Chucuito. Estas dos partes se unen por el estrecho de Tiquina, de 800 m de ancho. La profundidad máxima del lago Mayor es de 285 m mientras que la del lago Menor sólo alcanza 40 m (Iltis, 1991), es alimentado por los aportes de los ríos de su contorno y por las lluvias que caen directamente en su superficie (Iltis, 1991).

El lago Titicaca es un ecosistema con características únicas y una fuente de recursos hídricos para el ser humano (Moreno et al., 2021). Además, alberga una gran diversidad de especies dentro de ellos se tiene a la ictiofauna que está constituida por especies nativas del género *Orestias* y *Trichomycterus* (Iltis, 1991).

#### 2.2.1.2. El género *Orestias*

La ubicación taxonómica del género *Orestias* según Valenciennes (1943) y Tchernavin (1944), es la siguiente (PRODUCE, s/f):



**Phylum:** Chordata

**Clase:** Osteichthyes

**Orden:** Ciprinodontiformes

**Familia:** Ciprinodontidae

**Género:** *Orestias*

**Especie:** *Orestias pentlandii* “ Boga ”

**Especie:** *Orestias ispi* “ Ispi ”

**Especie:** *Orestias luteus* “Carachi amarillo”

**Especie:** *Orestias agassi* “Carachi negro”

**Especie:** *Orestias mulleri* “Carachi gringuito”

El género *Orestias* Valenciennes, 1839, se caracteriza por poseer una sola gónada y se distingue por la ausencia de aletas ventrales, vómer y del primer postcleithrum (L. R. Parenti, 1981), es endémico de lagos de gran altitud y arroyos tributarios de los Andes peruanos, bolivianos y chilenos” (L. Parenti, 1984). Estos peces generalmente son considerados omnívoros, aunque esto varía según la especie (Iltis, 1991).

## 2.2.2. Abundancia y características de microplásticos entre especies

### 2.2.2.1. *Orestias luteus*

#### Figura 1

Imagen referencial de *O. luteus*.

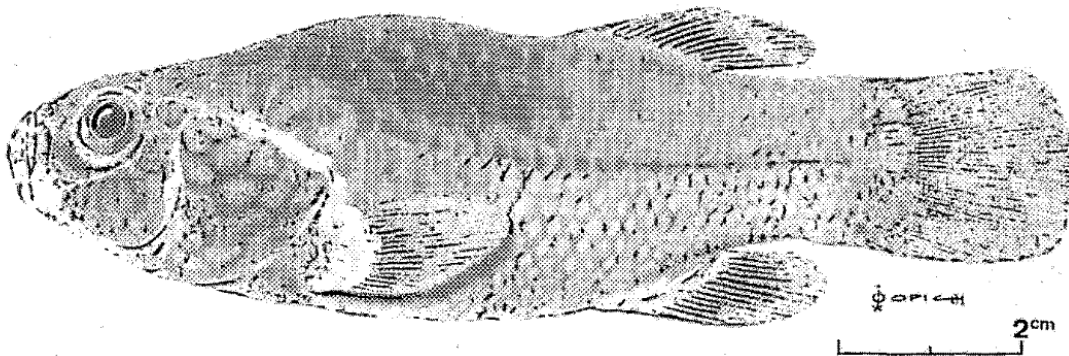


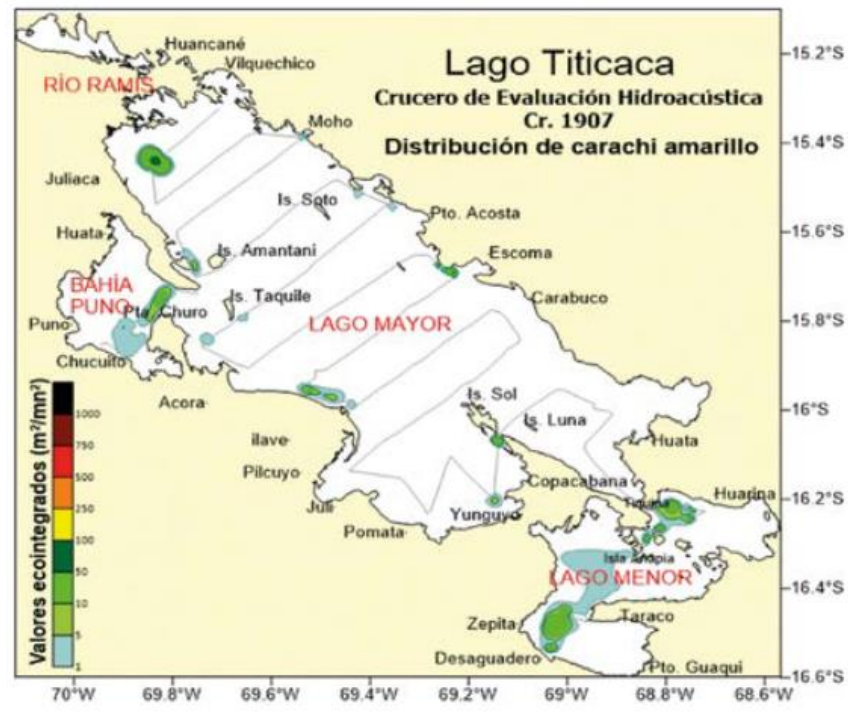
FIG. 6 a. — *Orestias luteus*: vue latérale

**Fuente:** Lauzanne, (1982)

Esta especie habita principalmente en la facies chara del lago Titicaca (Iltis, 1991), se distribuye principalmente formando núcleos poco densos y dispersos, encontrando el principal de estos frente al río Ramis (figura 02), se distribuye en un área de 144,39 m<sup>2</sup> y presenta una biomasa estimada de 1019 toneladas (Valdez & Cuadros, 2022), en cuanto a la alimentación, tienen una preferencia neta por los moluscos (Iltis, 1991), llegan a alcanzar tallas de hasta 22 cm y pesar hasta 130 g (PRODUCE, s/f).

**Figura 2**

*Distribución de O. luteus (carachi amarillo) en el lago Titicaca.*



**Fuente:** Valdez & Cuadros, (2022)

En la ciudad de Puno ésta es una especie ampliamente consumida por la población siendo el 74% la que lo consume (García, 2008, como se citó en Quispe & Flores, 2019). Asimismo, Quispe & Flores, (2019) concluye en su estudio que el 80,52% de 385 ciudadanos puneños encuestadas lo consume al menos una vez al mes.

### 2.2.2.2. *Orestias ispi*

#### Figura 3

Imagen referencial de *O. ispi*

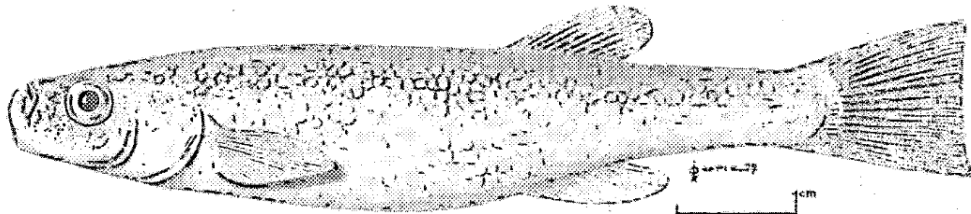


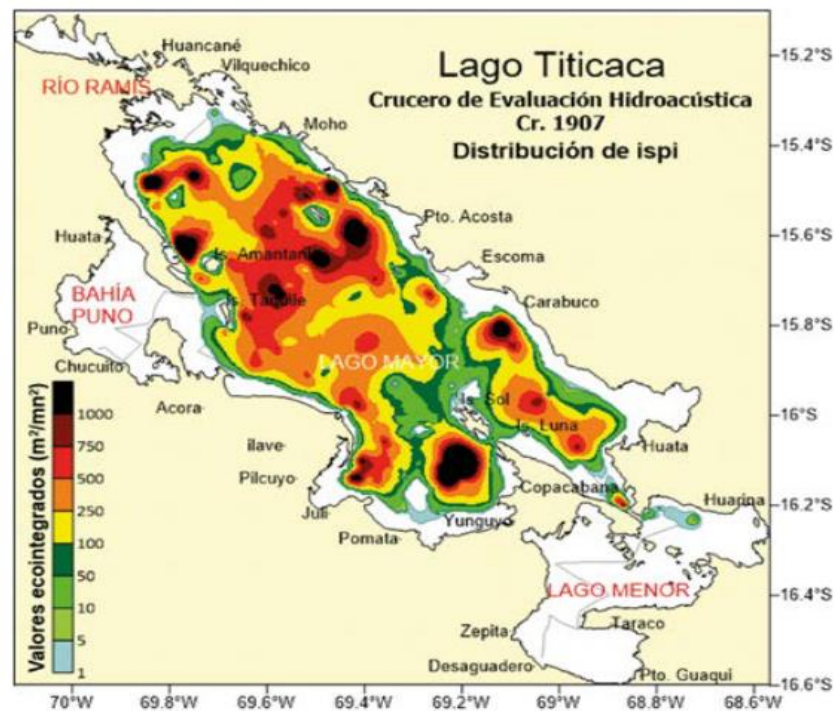
FIG. 14 a. — *Orestias ispi* : vue latérale

**Fuente:** Lauzanne, (1982)

Es un pez pelágico que habita en la zona periférica y central del lago Titicaca (Iltis, 1991), es la especie más abundante del lago Titicaca con una población muy densa entre Yunguyo e isla del Sol (figura 04), se distribuye en un área de 1462,33 m<sup>2</sup> y presenta una biomasa estimada de 50,844 toneladas (Valdez & Cuadros, 2022), es una especie de preferencia zooplantófaga cuya alimentación consta principalmente de crustáceos del zooplancton, copépodos y cladóceros (Iltis, 1991) llegan a alcanzar tallas de hasta 85 mm y pesar hasta 5,4 g (PRODUCE, s/f).

**Figura 4**

*Distribución de O. ispi (carachi amarillo) en el lago Titicaca.*



**Fuente:** Valdez & Cuadros, (2022)

El ispi es una especie que se destina para el consumo humano y que suele emplearse como alimento para las truchas de criaderos, aunque esta práctica se ha prohibido mediante RM N° 022-2011-PRODUCE.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1.1. Microplástico

Se considera microplástico a partículas que tengan un tamaño menor a 5 mm, estos son manufacturados para la elaboración de productos cosméticos o industriales, o bien provienen de la fragmentación de plásticos más grandes por acción de la radiación solar, oleaje, temperatura u organismos (Andrady, 2011).





### **2.1.2. Fibras**

Son partículas flexibles, uniformes, resistentes a roturas, con un ancho similar en casi toda su extensión (Rochman et al., 2019).

### **2.1.3. Films**

Partículas delgadas, flexibles, difícil de romperse, estas pueden presentarse en diferentes colores y ser parcial o totalmente transparentes (Rochman et al., 2019).

### **2.1.4. Fragmentos**

Son rígidos, sus bordes pueden ser angulares, redondeados. Estos pueden ser de cualquier color o multicolor (Rochman et al., 2019).

### **2.1.5. Esferas**

Son circulares, granulares con una superficie lisa, generalmente su tamaño puede variar entre 100  $\mu\text{m}$  y 2000  $\mu\text{m}$  (Rochman et al., 2019).

### **2.1.6. Blanco de procesamiento**

El blanco consiste en la colocación de un filtro limpio en una placa Petri de 47 mm. Estos se emplean para evaluar la contaminación durante los procedimientos de cada muestra (Shruti & Kutralam-Muniasamy, 2023). En este caso, el blanco de procesamiento acompaña a la muestra desde la disección de los peces, hasta la revisión de filtros bajo el estereoscopio. Este se revisa al finalizar los procesos de la muestra a la que acompaña.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

Las muestras de peces se obtuvieron de los mercados Laykakota y Unión y Dignidad de la ciudad de Puno, distrito provincia y región de Puno entre noviembre 2021 y diciembre del 2023 (respetando los periodos de veda establecidos por RM N° 022-2011-PRODUCE Y RM N° 043-2019-PRODUCE). La ciudad de Puno está ubicada a 3825 m s.n.m., en la parte sureste del Perú, representa el 5,6% del territorio peruano (figura 5).

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de Microplastic Fauna Peru Project en la ciudad de Lima, Perú.

#### Figura 5

*Lugares en los que se compraron las muestras para este estudio. A) mercado Unión y dignidad, B) mercado Laykakota.*



**Fuente:** Google Earth.



### 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

El cálculo del tamaño de muestra se realizó a partir de datos de desembarques de pescadores artesanales publicado por el Instituto del Mar del Perú en el 2018. En este se indica que durante el año se desembarcan 234 toneladas de pescado del lago Titicaca de los cuales el 64,5% pertenecieron al género *Orestias* (54,1% de ispi y 10,4% de carachi). De las 234 toneladas desembarcadas 55 toneladas se desembarcaron en la bahía de Puno (IMARPE: Anuario, 2018, s/f).

Considerando que los datos publicados por IMARPE fueron anuales y expresado en toneladas, se hizo una división simple para calcular el número de kilos que se desembarcó cada mes en la bahía de Puno (2476,6 k de ispi al mes y 476,7 k de carachi al mes), luego se halló el número de individuos que se desembarcó cada mes, para esto se consideró los pesos de máximos registrados por PRODUCE, (s/f), es decir, 130 g en carachi y 5,4 g de ispi. De esta manera se obtuvo un tamaño de muestra de 63,2 individuos de ispi y 62,2 individuos de carachi, empleando la siguiente fórmula:

$$n = N * Z\alpha^2 * p * q / (e^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q)$$

Donde:

n: Tamaño de muestra buscado

N: Tamaño de población o universo

Z: Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC)

e: Error de estimación máximo aceptado

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito): 95,7 % (Jabeen et al., 2017)

q: (1 - p) Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado



Considerando los siguientes datos para *O. ispi*:

N: 459 182  
Z: 1,96  
e: 5  
p: 95,7 (Jabeen et al., 2017)  
q: 4,3

Y, los siguientes datos para *O. luteus*:

N: 3667  
Z: 1,96  
e: 5  
p: 95,7 (Jabeen et al., 2017)  
q: 4,3

A fines del estudio el número de individuos se redondeó a 70 para *Orestias ispi* (*ispi*) y 70 a *Orestias luteus* (*carachi amarillo*), por lo que se tuvieron en total 140 individuos.

### 3.3. AGRUPACIÓN DE MUESTRAS

Cada uno de los individuos se envolvió con papel aluminio, y se formaron grupos (Abbasi et al., 2019; Avio et al., 2015) de 10 individuos cada uno, por lo que se tuvieron 7 grupos de cada especie, se consideró la agrupación para el procesamiento debido a que generalmente estos peces se consumen en bloques de 10 o más individuos. Una vez agrupados se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  y se transportaron para su procesamiento en el laboratorio.

En el laboratorio, se registró la longitud total (mm) y peso (g) de cada individuo utilizando un vernier (DigiScience) y una balanza (Isolab) respectivamente. Se analizó el músculo, tracto gastrointestinal (TGI) y carcasa (restos de músculo, piel y huesos) de *O. ispi* y el tracto gastrointestinal de *O. luteus*.



### **3.4. METODOLOGÍA**

#### **3.4.1. Determinación de las características y la abundancia de microplásticos en peces nativos del lago Titicaca que son destinados al consumo humano**

##### **3.4.1.1. Separación de microplásticos**

Previo al procesamiento de las muestras, se diseccionó cada individuo con ayuda de un estereoscopio (Nikon), para esto se realizó extrayendo primero el músculo, este se extrajo mediante incisión en el dorso lateral izquierdo iniciando a la altura de la cloaca, continuando por el dorso al opérculo finalizando con la línea lateral, segundo, el tracto gastrointestinal se extrajo mediante corte longitudinal en la zona ventral, y tercero, los restos músculo adherido a los huesos, la piel y cabeza se analizó como carcasa.

El proceso de extracción de microplásticos se realizó siguiendo los protocolos establecidos del laboratorio de Microplastic Fauna Peru Project, que se centra en emplear una digestión alcalina con hidróxido de potasio 10% (KOH Merck supelco) durante 48 horas a 40°C en la proporción de 1:3 (muestra:reactivo) (Dehaut et al., 2016; Karami et al., 2017), para esto los tejidos de cada grupo (músculo, tracto gastrointestinal y carcasa) se colocaron en botellas de 100 mL o 250 mL dependiendo del volumen, se agregó el reactivo y se colocó en la incubadora (Mased). Las muestras digeridas se filtraron a través de filtros de diferente tamaño de apertura de malla, empezando del más grande de 100  $\mu\text{m}$ , 30  $\mu\text{m}$  hasta 10  $\mu\text{m}$ . Los filtros se almacenaron en placas Petri de 47 mm hasta su

observación en el estereoscopio. En el caso del procesamiento de la carcasa, a este tejido se le hizo un procedimiento adicional, la separación por densidad con NaCl, que consiste en colocar solución salina sobresaturada a la muestra después de la digestión, dejarla reposar por entre 12 a 24 horas, luego recuperar el sobrenadante de la muestra para finalmente filtrarla.

#### **3.4.1.2. Caracterización de microplásticos**

La caracterización se realizó mediante revisión de filtros, esto se hizo de manera ordenada, primero se revisaron los de 100  $\mu\text{m}$ , luego 30  $\mu\text{m}$  y por último 10  $\mu\text{m}$ , bajo estereoscopio a aumentos entre 20x a 50x. Para la caracterización de las partículas se consideró la forma, el color y el tamaño (Lusher et al., 2020). El color y la forma se identificaron durante la revisión de los filtros, mientras que para el tamaño se tomaron fotografías para medir cada partícula. Para la caracterización por forma se consideró las propuestas por (Rochman et al., 2019): fibras, ovillos de fibras, fragmentos, esferas, pellets, films y espumas. En cuanto al color se agruparon en rangos de color como lo sugiere (Kotar et al., 2022). Para el tamaño se establecieron rangos de 1  $\mu\text{m}$  - 1000  $\mu\text{m}$  y 1001  $\mu\text{m}$  - 2000  $\mu\text{m}$  (Akter et al., 2024) se midió la longitud máxima de cada parte.

Asimismo, se aplicó el test de aguja caliente (Mackenzie & Vladimirova, 2021) de manera indirecta, que consiste en considerar que si hay movimiento de la partícula por efecto del calor es más probable que se trate de una partícula de origen polimérico



### 3.4.1.3. Abundancia de microplásticos

Se realizó un conteo de microplásticos bajo el estereoscopio, se expresó en cantidad de microplásticos encontrados y en número de microplásticos por gramo de tejido (N° MP/g)

### 3.4.1.4. Medidas de control de calidad para el desarrollo del proyecto

Para prevenir y minimizar la contaminación aerógena durante los procedimientos, se usó únicamente vestimenta de algodón, desde las prendas personales hasta el mandil. El agua destilada y los reactivos se filtraron antes de emplearlos en los procedimientos, todo el material empleado se enjuago con agua destilada bi-filtrada y se minimizó el uso de plástico en el laboratorio, empleando materiales de vidrio y metal (Rochman et al., 2019).

Además de la prevención y la minimización de la contaminación aerógena, se optó por medirla durante todo el procedimiento de extracción de microplásticos, para esto, se prepararon blancos que acompañaron a cada muestra durante todo el proceso de extracción de microplásticos. Al finalizar, las partículas encontradas en los blancos se restaron del total de partículas encontradas en cada tejido, siguiendo la siguiente fórmula:

#### **Fórmula:**

(A) MP en el blanco de procesamiento

(B) Microplásticos identificados en la muestra

(C) Ajuste de sustracción (B) - (A)

**Fuente:** fórmula adaptada de la propuesta por Shruti & Kutralam-Muniasamy, (2023)



Asimismo, durante el procesamiento de muestras se midió la tasa de recuperación de partículas, para esto se preparó una muestra adicional que cumplió la función de control positivo, esta consistió en colocar tejido de 10 individuos en una botella (misma cantidad que un grupo de procesamiento), a la que se le añadió 45 partículas de polímeros conocidos, este control positivo siguió los mismos procedimientos que las muestras de tejidos y se revisó en el estereoscopio para cuantificar el número total de partículas recuperadas y así obtener la tasa de recuperación.

#### **3.4.1.5. Análisis estadístico**

Se utilizó estadística descriptiva; las variables de respuesta fueron la abundancia y las características (forma, color y tamaño ( $\mu\text{m}$ )).

La forma y color se expresó como porcentaje a partir del total de partículas halladas por especie mientras que el tamaño se agrupó en los rango de tamaño de  $1 \mu\text{m} - 1000 \mu\text{m}$  y de  $1001 \mu\text{m} - 5000 \mu\text{m}$ , siguiendo la categorización de Akter et al., (2024).

La abundancia se halló a partir del total de microplásticos encontrados en cada tejido dividido por el peso del tejido, esto se repitió en todos los grupos de procesamiento. Para tener una representatividad de la abundancia de cada especie se sacó el promedio de la abundancia de microplásticos encontrada en cada tejido.





### **3.4.2. Comparación de la abundancia y características de microplásticos entre especies**

Se compararon la abundancia y características de los microplásticos encontrados en el tracto gastrointestinal de *O. ispi* y *O. luteus*.

Para comparar la abundancia de microplásticos entre ambas especies, se identificaron las variables independientes (la especie y el tejido (tracto gastrointestinal)) y la variable dependiente (abundancia). Previo a realizar la prueba estadística para el contraste de medias, se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, encontrando una distribución normal por lo que se realizó una prueba paramétrica, en este caso análisis de varianza de un factor (ANOVA). La prueba de normalidad y la el análisis de varianza se realizaron con el software IBM SPSS Statistic Versión 29.0.2.0

En cuanto a las características, se comparó el porcentaje del color y forma predominante de los microplásticos encontrados en ambas especies; también, se comparó el porcentaje del rango de tamaño de microplásticos encontrados.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ABUNDANCIA Y CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN PECES NATIVOS DEL GÉNERO *ORESTIAS* DEL LAGO TITICACA

##### 4.1.1. Morfometría y Abundancia de microplásticos en peces nativos del lago Titicaca

###### 4.1.1.1. Morfometría de los peces evaluados

Inicialmente se determinó la morfometría de los individuos de cada uno de los grupos de procesamiento encontrando que la longitud total (LT) promedio y peso promedio de *O. ispi* fue de 70,54 mm  $\pm$  4,99 y 2,67 g  $\pm$  0,55 respectivamente. Para *O. luteus* los valores fueron de 125,92 mm  $\pm$  7,78 y 48,88 g  $\pm$  10,24 respectivamente, en referencia a *O. luteus* se analizó únicamente el tracto gastrointestinal (tabla 01). Consideramos que el peso y la longitud total de los peces considerados en este estudio se encuentran dentro del rango de lo indicado en el manual de reproducción de especies nativas de PRODUCE, (s/f) considerando que la talla puede variar de 70,9 mm – 80,3 mm y de 122,9 mm – 129,5 mm entre individuos machos y hembras de *O. ispi* y *O. luteus* respectivamente. Además, el peso de *O. luteus* puede variar de 44,6 g a 56,4 g entre individuos machos o hembras, por otro parte, menciona que el peso de *O. ispi* puede variar de 3,2 g a 4,3 g entre individuos machos y hembras.

**Tabla 1**

*Morfometría de los peces evaluados, peso total promedio y sumatoria del peso de tracto gastrointestinal (TGI), músculo (M) y carcasa (C) de cada grupo de procesamiento analizado en el estudio. En el estudio, se considera únicamente el tracto gastrointestinal de O. luteus.*

| Especie          | Grupo de procesamiento | Ind, | LT prom, (mm) ±DT | Peso total prom, (g) ±DT | TGI (g) | M (g) | C (g)  |
|------------------|------------------------|------|-------------------|--------------------------|---------|-------|--------|
| <i>O. ispi</i>   | Grupo 1                | 10   | 66,38 ± 5,50      | 2,30 ± 0,49              | 1,28    | 1,05  | 15,53  |
|                  | Grupo 2                | 10   | 73,11 ± 6,16      | 3,04 ± 0,62              | 1,85    | 1,06  | 20,59  |
|                  | Grupo 3                | 10   | 68,36 ± 4,57      | 2,60 ± 0,37              | 1,48    | 0,95  | 18,30  |
|                  | Grupo 4                | 10   | 72,13 ± 5,22      | 2,19 ± 0,73              | 1,54    | 0,90  | 22,88  |
|                  | Grupo 5                | 10   | 71,78 ± 3,49      | 2,94 ± 0,39              | 1,64    | 1,08  | 24,11  |
|                  | Grupo 6                | 10   | 70,25 ± 4,14      | 2,62 ± 0,51              | 1,20    | 0,90  | 22,41  |
|                  | Grupo 7                | 10   | 71,79 ± 5,84      | 3,01 ± 0,72              | 1,47    | 1,20  | 24,67  |
| <i>O. luteus</i> | Grupo 1                | 10   | 127,89 ± 9,68     | 56,21 ± 17,97            | 40,99   | -     | -      |
|                  | Grupo 2                | 10   | 132,21 ± 8,17     | 60,93 ± 10,39            | 40,19   | -     | -      |
|                  | Grupo 3                | 10   | 129,66 ± 10,57    | 53,79 ± 12,68            | 41,23   | -     | -      |
|                  | Grupo 4                | 10   | 125,77 ± 8,84     | 49,98 ± 14,02            | 32,21   | -     | -      |
|                  | Grupo 5                | 10   | 123,88 ± 6,66     | 41,27 ± 6,66             | 22,16   | -     | -      |
|                  | Grupo 6                | 10   | 123,59 ± 6,14     | 41,65 ± 6,43             | 27,08   | -     | -      |
|                  | Grupo 7                | 10   | 118,42 ± 4,43     | 38,32 ± 3,53             | 21,68   | -     | -      |
| <i>O. ispi</i>   | 7 grupos               | 70   | 70,54 ± 4,99      | 2,67 ± 0,55              | 10,46   | 7,14  | 148,49 |
| <i>O. luteus</i> | 7 grupos               | 70   | 125,92 ± 7,78     | 48,88 ± 10,24            | 225,54  | -     | -      |

**Fuente:** Elaboración propia



#### **4.1.1.2. Control de calidad: microplásticos encontrados en los blancos de procesamiento**

Se realizó el conteo de los microplásticos encontrados en los blancos de procesamiento (BP), en *O. ispi* se pudo observar que en los blancos del TGI de los grupos 3 y 5 no se encontró contaminación al igual que en el blanco de carcasa del grupo 7, mientras que en los blancos de procesamiento de todo el grupo 6 no se encontró contaminación; por otra parte, en los blancos del grupo 1 y 2 de *O. luteus* tampoco se encontró contaminación (tabla 02).

Con un total de 33 microplásticos provenientes de la contaminación aerógena, lo que representa una contaminación general de 11,3%. Asimismo, en *O. ispi* se encontraron 27 microplásticos (11,3%), mientras que en *O. luteus* se encontraron 6 (11,1%).

El uso de blancos de procesamiento es esencial para tener un control de calidad en la investigación de microplásticos (Shruti & Kutralam-Muniasamy, 2023), no se trata únicamente de detectar la contaminación durante el procesamiento de las muestras sino también de corregir la información que se genera (Noonan et al., 2023), en este sentido es que se aplica la sustracción directa de los microplásticos encontrados en los blancos de procesamiento (Shruti & Kutralam-Muniasamy, 2023).

**Tabla 2**

*Control de calidad: cantidad de microplásticos encontrados en los blancos de procesamiento (BP) de los tejidos analizados de O. ispi y O. luteus.*

| Especie                                    | Grupo de procesamiento | N° MP     | N° MP         | N° MP         |
|--|------------------------|-----------|---------------|---------------|
|  |                        | BP<br>TGI | BP<br>músculo | BP<br>carcasa |
| <i>O. ispi</i>                             | Grupo 1                | 2         | 3             | 2             |
|  | Grupo 2                | 1         | 1             | 1             |
|  | Grupo 3                | 0         | 3             | 1             |
|  | Grupo 4                | 4         | 1             | 3             |
|  | Grupo 5                | 0         | 1             | 1             |
|  | Grupo 6                | 0         | 0             | 0             |
|  | Grupo 7                | 2         | 1             | 0             |
| <i>O. luteus</i>                           | Grupo 1                | 0         | -             | -             |
|  | Grupo 2                | 0         | -             | -             |
|  | Grupo 3                | 2         | -             | -             |
|  | Grupo 4                | 1         | -             | -             |
|  | Grupo 5                | 1         | -             | -             |
|  | Grupo 6                | 1         | -             | -             |
|  | Grupo 7                | 1         | -             | -             |
| CONTAMINACIÓN AERÓGENA EN <i>O. ispi</i>   |                        | 9         | 10            | 8             |
| CONTAMINACIÓN AERÓGENA EN <i>O. luteus</i> |                        | 6         | -             | -             |
| TOTAL CONTAMINACIÓN AERÓGENA               |                        |           | 33            |               |

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.1.1.3. Tasa de recuperación de microplásticos por especie y tejido analizado

La tasa de recuperación fue variada entre las especies y los tejidos. Se pudo observar que la tasa de recuperación en *O. ispi* fue de 88,9% para músculo y TGI, y 44,4% para carcasa. En *O. ispi* la tasa de recuperación para tracto gastrointestinal fue de 73,3% como se aprecia en la tabla 03

**Tabla 3***Tasa de recuperación por especie y tejido analizado.*

| <b>Especie</b>                                    | <b>Tejido</b> | <b>N° MP<br/>añadido</b> | <b>N° MP<br/>recuperado</b> |
|---|---------------|--------------------------|-----------------------------|
| <i>O. ispi</i>                                    | Músculo y TGI | 45                       | 40                          |
|   | Carcasa       | 45                       | 20                          |
| <i>O. luteus</i>                                  | TGI           | 45                       | 33                          |
| TASA DE RECUPERACIÓN MÚSCULO Y TGI <i>O. ispi</i> |               |                          | 88,9%                       |
| TASA DE RECUPERACIÓN CARCASA <i>O. ispi</i>       |               |                          | 44,4%                       |
| TASA DE RECUPERACIÓN TGI <i>O. luteus</i>         |               |                          | 73,3%                       |

**Fuente:** Elaboración propia

Para la investigación de microplásticos es importante identificar la tasa de recuperación, ya que esto indica la eficacia del método empleado para la extracción de microplásticos (Shruti & Kutralam-Muniasamy, 2023), con una tasa de recuperación superior al 70% para músculo y TGI en ambas especies se podría decir que el método aplicado en esta investigación está dentro de lo esperado. Al respecto Way et al., (2022) menciona que la tasa de recuperación en tejido de pescado suele ser menor al 80%; por otro lado la tasa de recuperación en carcasa de *O. ispi* (44.4%) sugiere una baja recuperación, esto podría deberse a que con esta muestra se aplicó un paso adicional en la metodología, tal como lo sugiere Dimante-Deimantovica et al., (s/f) que menciona que la tasa de recuperación podría depender del número de pasos en el procesamiento de las muestras.



#### 4.1.1.4. Abundancia de microplásticos encontrados en los tejidos

##### analizados de *O. ispi* y *O. luteus*

Se realizó el conteo de microplásticos encontrados en los tejidos analizados de *O. ispi* y *O. luteus*, en la tabla 04 se presentan los datos globales del número de microplásticos encontrados en cada tejido analizado, en total se encontraron 292 microplásticos. Los datos presentados en la tabla 04 aún no reflejan la sustracción de los microplásticos encontrados en los blancos de procesamiento. La sustracción se realizó de manera directa, es decir, se contó el total de microplásticos encontrados en el lanco de procesamiento de cada tejido y se sustrajeron del total de microplásticos encontrados en el tejido.

Luego de la sustracción de microplásticos encontrados en los blancos de procesamiento (Shruti & Kutralam-Muniasamy, 2023), se determinó que se encontraron en total 259 microplásticos de las cuales 211 se distribuyeron en los tejidos de *O. ispi* y 48 en el tracto gastrointestinal de *O. luteus* (tabla 04). Se observa que en *O. ispi* la mayor cantidad y abundancia de microplásticos se encontró en el músculo, mientras que en el tracto gastrointestinal de *O. luteus* se encontró la mínima abundancia (tabla 05).

**Tabla 4**

Número total de microplásticos encontrados en los tejidos analizados de *O. ispi* y *O. luteus*.

| Especie                                       | Grupo de procesamiento | N° MP TGI | N° MP músculo | N° MP carcasa |
|---|------------------------|-----------|---------------|---------------|
| <i>O. ispi</i>                                | Grupo 1                | 13        | 17            | 9             |
|   | Grupo 2                | 18        | 24            | 6             |
|   | Grupo 3                | 17        | 20            | 9             |
|   | Grupo 4                | 11        | 7             | 3             |
|   | Grupo 5                | 12        | 17            | 4             |
|   | Grupo 6                | 4         | 8             | 4             |
|   | Grupo 7                | 7         | 16            | 12            |
| <i>O. luteus</i>                              | Grupo 1                | 14        | -             | -             |
|   | Grupo 2                | 10        | -             | -             |
|   | Grupo 3                | 6         | -             | -             |
|   | Grupo 4                | 9         | -             | -             |
|   | Grupo 5                | 6         | -             | -             |
|   | Grupo 6                | 5         | -             | -             |
|   | Grupo 7                | 4         | -             | -             |
| MICROPLÁSTICOS EN <i>O. ispi</i>              |                        | 82        | 109           | 47            |
| MICROPLÁSTICOS EN <i>O. luteus</i>            |                        | 54        | -             | -             |
| TOTAL MP EN <i>O. ispi</i> y <i>O. luteus</i> |                        |           | 292           |               |

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la cantidad y abundancia de microplásticos es mayor en el músculo referente a los otros tejidos, sin embargo, A. G. Garcia et al., (2021) en su estudio encontró que la abundancia de microplásticos en el músculo fue menor que en las branquias y los intestinos, mientras que Collard et al., (2018), en su estudio no encontró microplásticos en el músculo, ambos estudios fueron realizados en ecosistemas lóticos, lo cual podría ser la causa de la diferencia encontrada. Los estudios sobre microplásticos en su mayoría están enfocados al tracto



gastrointestinal (Galafassi et al., 2021) o en partes de él, como intestino o contenido estomacal; en estudios realizados en peces de ecosistemas lóticos, se pudo observar la presencia de una mayor cantidad de microplásticos en el contenido estomacal a diferencia de este estudio (Collard et al., 2018; A. G. Garcia et al., 2021).

**Tabla 5**

*Cantidad y abundancia de microplásticos en las dos especies analizadas*

| Especie                   | Tejido  | Peso (g) | Cantidad de MP | Abundancia (MP/g) | Abundancia (MP/ind) |
|---------------------------|---------|----------|----------------|-------------------|---------------------|
| <i>O. ispi</i>            | Músculo | 7,14     | 99             | 13,9              | 1,4                 |
|                           | TGI     | 10,46    | 73             | 6,9               | 1,0                 |
|                           | Carcasa | 112,40   | 39             | 0,3               | 0,6                 |
| <i>O. luteus</i>          | TGI     | 225,70   | 48             | 0,2               | 0,7                 |
| TOTAL MP <i>O. ispi</i>   |         |          | 211            |                   | 3,0                 |
| TOTAL MP <i>O. luteus</i> |         |          | 48             |                   |                     |
| TOTAL MP                  |         |          | 259            |                   |                     |

**Fuente:** Elaboración propia

Se encontró en total 121 microplásticos en el tracto gastrointestinal de peces del género *Orestias*, con una abundancia de 1 MP/Ind en *O. ispi* y 0,7 MP/Ind en *O. luteus*, mientras que (Mio-Diaz & Moscoso, 2023) encontró 61 microplásticos en las dos especies de peces de la laguna Pomacanchi, Cusco, entre ellos *Orestias sp* con una abundancia de  $0,95 \pm 0,887$  MP/0.2 ml, De igual modo, (Loayza et al., 2022) en su estudio en el que evaluó el contenido estomacal de 1283 individuos de 4 especies (*Orestias luteus*, *Orestias agassizii*, *Trichomycterus dispar* y *Odonthestes*



*bonariensis*) de peces del lago Titicaca, encontrando microplásticos únicamente en *Orestias luteus* y *Trichomycterus dispar* (3% de los individuos analizados). La unidad de medida de la abundancia fue variada en los estudios realizados en peces del género *Orestias* lo que dificulta la discusión de resultados ya que en el presente estudio se trabajó con grupos de procesamiento y la abundancia se expresó en MP/g y MP/Ind. Por otro lado, la abundancia de microplásticos que encontró Ordoñez Rivera & Sanchez Moreno del Castillo, (2019) en 15 individuos de *O. luteus* (25,4056 MP/ind) está por encima de lo encontrado en este estudio, esto podría deberse a al lugar de la colecta de peces, ya que menciona que los colecto en zonas con bastante afluencia turística.

Por otro lado en estudios en ecosistemas lóticos, T. D. Garcia et al., (2020) encontró 66 microplásticos en 63 individuos de 13 especies diferentes, y Chota-Macuyama & Mendoza, (2020) encontró 17 microplásticos en 6 individuos de 135 analizados, con una abundancia de 1,19 MP/ind., sin embargo, es menor a lo reportado por (Rojas et al., 2023) que encontró 1241 microplásticos en los órganos (agrupado: esófago, estómago, intestino, hígado, gónadas, páncreas, vejiga natatoria y corazón) del 100% de individuos estudiados con una abundancia de 20,3 MP/ind.

T. D. Garcia et al., (2020) sostiene que la ingesta de microplásticos por los peces está relacionada a la actividad antrópica desarrollada en los alrededores de los cuerpos acuáticos, lo cual, en cierta medida, explica la cantidad y abundancia de microplásticos encontrados en este estudio.

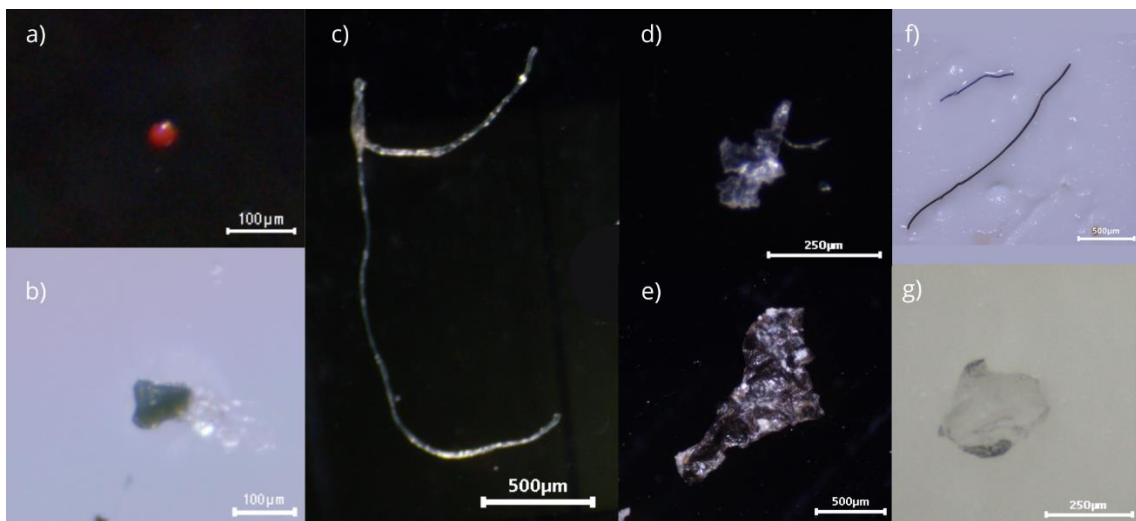
#### 4.1.2. Características de los microplásticos hallados

##### 4.1.2.1. Forma

Se identificaron 4 formas de microplásticos en ambas especies, *O. luteus* y *O. ispi*, estas fueron films, fragmentos, fibras y esferas, esta última únicamente se encontró en el músculo de *O. ispi* (figura 06).

#### Figura 6

Formas de microplásticos hallados. a) esfera (Aumento: 50x), b) fragmento (Aumento: 50x), c) fibra (Aumento: 30x) y d) film (Aumento: 50x) encontrado en los tejidos de *O. ispi*; e) film (Aumento: 30x), f) fibras (Aumento: 50x) y g) fragmento (Aumento: 40x) encontrados en *O. luteus*



Fuente: Elaboración propia

Las formas predominantes fueron fibras (n= 189) y films (n= 58) mientras que fragmentos (n= 11) y esferas (n= 1) se encontraron en menor cantidad (tabla 06).

**Tabla 6**

*Forma de los microplásticos hallados en tejidos de *O. ispi* y *O. luteus**

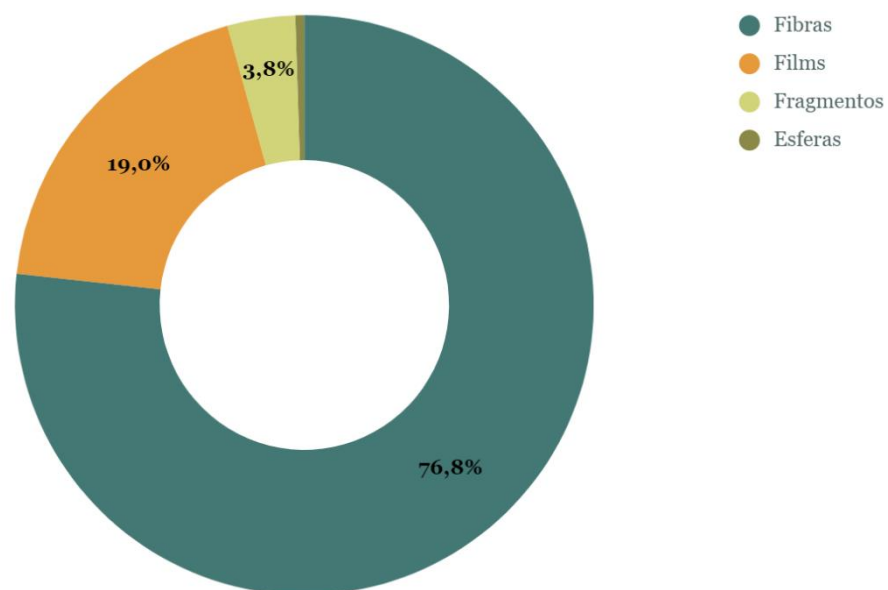
| Forma                            | <i>O. ispi</i> |           |           | <i>O. luteus</i> | N°<br>MP/forma |
|----------------------------------|----------------|-----------|-----------|------------------|----------------|
|                                  | Músculo        | TGI       | Carcasa   | TGI              |                |
| Fibras                           | 84             | 48        | 30        | 27               | 189            |
| Films                            | 13             | 24        | 3         | 18               | 58             |
| Fragmentos                       | 1              | 1         | 6         | 3                | 11             |
| Esferas                          | 1              | -         | -         | -                | 1              |
| <b>PARTÍCULAS POR<br/>TEJIDO</b> | <b>99</b>      | <b>73</b> | <b>39</b> | <b>48</b>        |                |

**Fuente:** Elaboración propia

En *O. ispi* se identificaron 4 formas de microplásticos, entre ellos se observó que más del 75% fueron fibras (76,8%), seguido de films (19,0%), mientras las formas de fragmentos (3,8%) y esferas (0,5%) se encontraron en menor cantidad (figura 07).

**Figura 7**

*Formas de microplásticos encontrados en *O. ispi**

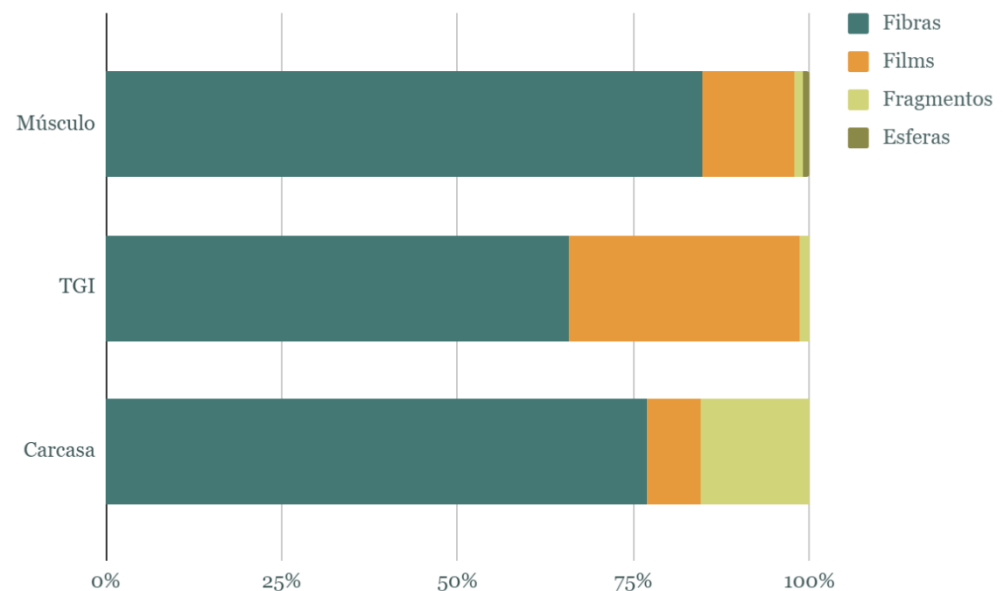


**Fuente:** Elaboración propia

Del mismo modo en los tejidos de *O. ispi*, se pudo observar que en el músculo se hallaron las 4 formas de microplásticos siendo este el único tejido en el que se encontraron esferas (n=1), mientras que en tracto gastrointestinal y carcasa se observaron únicamente las formas de fibras, films y fragmentos (figura 08).

### Figura 8

*Distribución de la forma de los microplásticos en los tejidos de O. ispi*

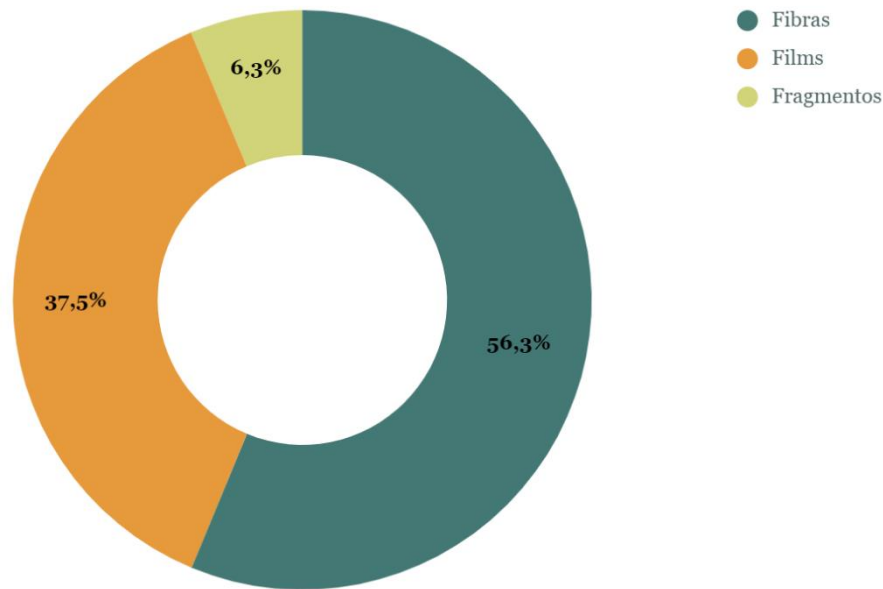


**Fuente:** Elaboración propia

En *O. luteus* se identificaron 3 formas de microplásticos, entre ellos se observó que más del 50% fueron fibras (56,3%), seguido de films (37,5%) y en menor cantidad fragmentos (6,3%) (figura 09).

**Figura 9**

*Formas de microplásticos encontrados en O. luteus*



**Fuente:** Elaboración propia

De las cuatro formas de microplásticos encontradas en este estudio, las fibras se encontraron en mayor cantidad, seguido de films, fragmentos y esferas. La predominancia de las fibras ha sido ampliamente reportada (Akter et al., 2024; T. D. Garcia et al., 2020; Horton et al., 2018; Loayza et al., 2022; Mio-Diaz & Moscoso, 2023; Rojas et al., 2023). Sin embargo, otros estudios reportan mayor predominancia de fragmentos (A. G. Garcia et al., 2021; Sun et al., 2021). Biginagwa et al., (2016), en su estudio no reportó la forma de los microplásticos que encontró, sin embargo en el presente estudio se reporta microplásticos en forma de esfera, forma que no se ha reportado en ninguno de los artículos consultados en esta sección; asimismo, Rochman et al., (2019) sostiene que registrar la forma de los microplásticos ayudaría a entender y dar pistas sobre sus posibles fuentes.

#### 4.1.2.2. Color

En cuanto al color, se observaron en total 9 colores, de estos, transparente, blanco-crema, beige-dorado, azul-celeste y negro-marrón se encontraron en las dos especies analizadas, el color predominante fue el transparente (n= 159), mientras que el verde (n= 1) y multicolor (n= 1) fueron los menos comunes (tabla 07).

**Tabla 7**

*Color de los microplásticos hallados en tejidos de O. ispi y O. luteus*

| Color                        | <i>O. ispi</i> |            |            | <i>O. luteus</i> | N°<br>MP/color |
|------------------------------|----------------|------------|------------|------------------|----------------|
|                              | Músculo        | TGI        | Carcasa    | TGI              |                |
| Transparente                 | 87             | 45         | 6          | 21               | 159            |
| Blanco-crema                 | 3              | 3          | 2          | 6                | 14             |
| Gris-plateado                | 0              | 2          | 2          | -                | 4              |
| Beige-dorado                 | 4              | 18         | 3          | 7                | 32             |
| Rojo                         | 1              | 1          | -          | -                | 2              |
| Verde                        | -              | -          | 1          | -                | 1              |
| Azul-celeste                 | 1              | 2          | 6          | 6                | 15             |
| Negro-marrón                 | 3              | 2          | 18         | 8                | 31             |
| Multicolor                   | 0              | 0          | 1          | -                | 1              |
| <b>PARTÍCULAS POR TEJIDO</b> | <b>99</b>      | <b>73</b>  | <b>39</b>  | <b>48</b>        |                |
| <b>TOTAL PARTÍCULAS/sp</b>   |                | <b>211</b> |            | <b>48</b>        |                |
| <b>TOTAL PARTÍCULAS</b>      |                |            | <b>259</b> |                  |                |

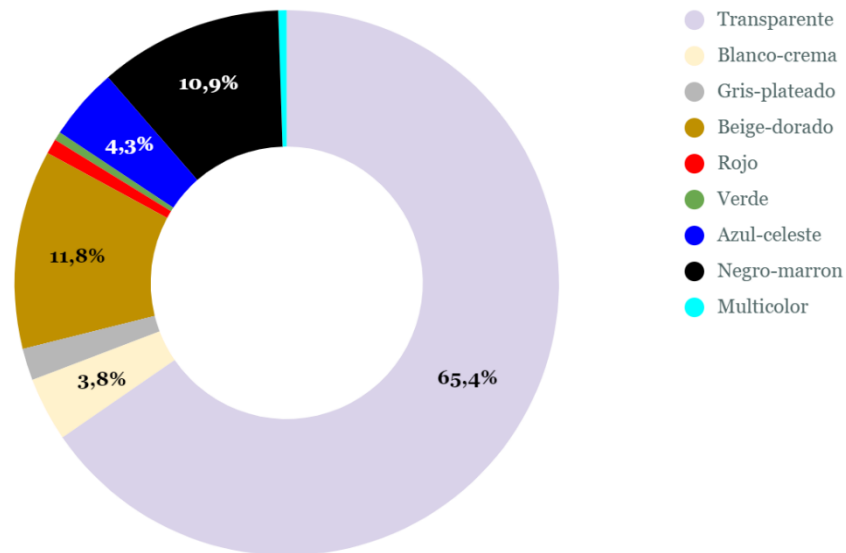
**Fuente:** Elaboración propia

En *O. ispi* se encontraron en total 9 colores, de estos se observó que más del 50% del total de microplásticos hallados fueron de color transparente (65,4%), seguido de colores como el beige-dorado (11,8%) y negro-marrón (10,9%), mientras que colores como el azul-celeste (4,3%), blanco-crema (3,8%), gris-plateado (1,9%), rojo (0,9%), verde (0,5%) y

multicolor (0,5%) representaron el menor porcentaje, estos dos últimos se encontraron únicamente en la carcasa (figura 10).

**Figura 10**

*Color de microplásticos encontrados en O. ispi*



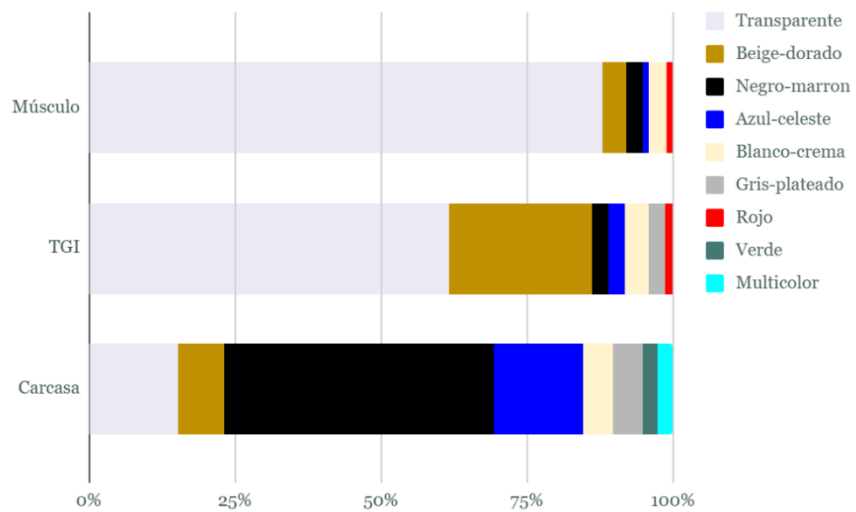
**Fuente:** Elaboración propia

Considerando el color encontrado en cada tejido de *O. ispi* se pudo observar que el tejido en el que se encontró más variación en cuanto al color fue la carcasa (8 colores), seguido de tracto gastrointestinal (7 colores) y músculo (6 colores). El color predominante en músculo y tracto gastrointestinal fue el transparente con 87,9% y 61,6% respectivamente, mientras que en carcasa el color predominante fue el negro representando el 46,2% (figura 11).



**Figura 11**

*Color de microplásticos encontrados en los tejidos analizados O. ispi*

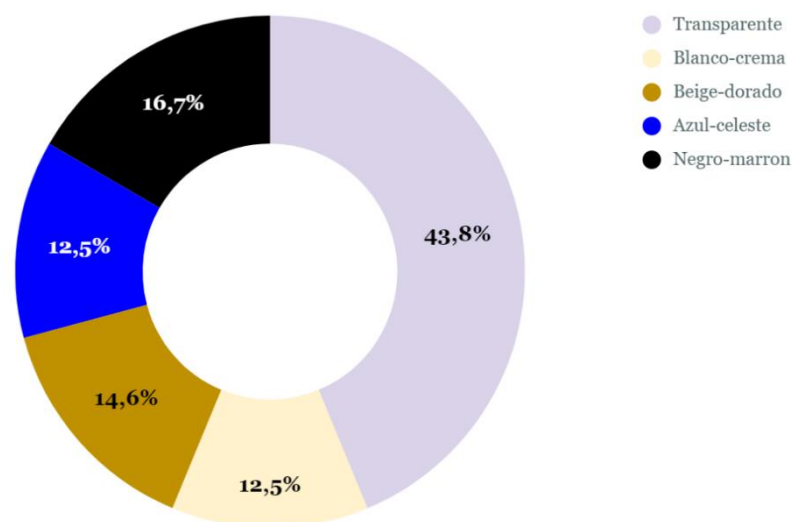


**Fuente:** Elaboración propia

En *O. luteus* de los 48 microplásticos hallados en el tracto gastrointestinal, se observó que el color predominante fue el transparente (43,8%), seguido del negro-marrón (16,7%), beige-dorado (14,6%), blanco-crema (12,5%), azul-celeste (12,5%) (figura 12).

**Figura 12**

*Color de microplásticos encontrados en O. luteus*



**Fuente:** Elaboración propia

El color predominante de los microplásticos encontrados en este estudio fue el transparente (65,4%). Sin embargo, se ha podido observar que cada estudio de microplásticos reporta haber encontrado colores predominantes variados, entre estos colores se reporta el negro (Akter et al., 2024; Loayza et al., 2022), azul (Chota-Macuyama & Mendoza, 2020; Rojas et al., 2023), y blanco (Sun et al., 2021). Posiblemente el color de los microplásticos varíe de acuerdo a las actividades principales que se realizan en cada zona de estudio. El color de los microplásticos es un factor que podría ser determinante al momento en el que un animal elige ingerir o no microplásticos (Rochman et al., 2019). Sin embargo, muchos de los estudios revisados en esta investigación no reportan el color de los microplásticos que encontraron.

#### 4.1.2.3. Tamaño

Se encontraron microplásticos en ambos rangos de tamaño (1  $\mu\text{m}$  - 1000  $\mu\text{m}$  y 1001  $\mu\text{m}$  - 5000  $\mu\text{m}$ ). Encontrándose el más pequeño en *O. ispi* (47,1  $\mu\text{m}$ ) y el más grande en *O. luteus* (4145,4  $\mu\text{m}$ ) (tabla 08)

**Tabla 8**

*Clasificación del tamaño de microplásticos hallados en las especies analizadas*

| Especie          | Rango: 1 $\mu\text{m}$ - 1000 $\mu\text{m}$ |                                   | Rango: 1001 $\mu\text{m}$ - 5000 $\mu\text{m}$ |                                   |
|------------------|---|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
|                  | Longitud mínima ( $\mu\text{m}$ )           | Longitud máxima ( $\mu\text{m}$ ) | Longitud mínima ( $\mu\text{m}$ )              | Longitud máxima ( $\mu\text{m}$ ) |
| <i>O. ispi</i>   | 47,1  | 986,9                             | 1005,9   | 3968,3                            |
| <i>O. luteus</i> | 248,2                                       | 930,1                             | 1032,9   | 4145,4                            |

**Fuente:** Elaboración propia

La medición individual de cada microplástico encontrado es importante ya que esto puede ayudarnos a entender cómo se transportan y

en dónde pueden terminar (Rochman et al., 2019), aunque, a veces únicamente se busque que el tamaño general de estos sea menor a 5 mm, como lo reporta Horton et al., (2018), en algunos estudios esta característica no es considerada (Biginagwa et al., 2016; A. G. Garcia et al., 2021).

Características como la forma, el color y el tamaño representan información importante que ayudan a entender el destino de los microplásticos en el ambiente y la biota (Rochman et al., 2019).

#### **4.2. COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA Y CARACTERÍSTICAS DE MICROPLÁSTICOS ENTRE ESPECIES**

Se compara la abundancia y las características de los microplásticos hallados en el tracto gastrointestinal de las especies analizadas

##### **4.2.1. Comparación de la abundancia de microplásticos entre peces nativos del género *Orestias* del lago Titicaca**

En total se analizaron 10,46 g y 225,54 g de tracto gastrointestinal de *O. ispi* y *O. luteus* respectivamente. La mayor cantidad de microplásticos se encontró en *O. ispi* (73 microplásticos) mientras que en la menor cantidad se encontró en *O. luteus* (48 microplásticos). Con una abundancia de 6,9 MP/g en *O. ispi* y 0,2 MP/g (tabla 09).

**Tabla 9**

*Número de microplásticos hallados en el tracto gastrointestinal de O. ispi y O. luteus*

| Especie                | Grupo de procesamiento | Individuos | Peso TGI (g) | N° MP | Abundancia (MP/g) |
|------------------------|------------------------|------------|--------------|-------|-------------------|
| <i>O. ispi</i>         | Grupo 1                | 10         | 1,28         | 11    | 8,6               |
|                        | Grupo 2                | 10         | 1,85         | 17    | 9,2               |
|                        | Grupo 3                | 10         | 1,48         | 17    | 11,5              |
|                        | Grupo 4                | 10         | 1,54         | 7     | 4,5               |
|                        | Grupo 5                | 10         | 1,64         | 12    | 7,3               |
|                        | Grupo 6                | 10         | 1,20         | 4     | 3,3               |
|                        | Grupo 7                | 10         | 1,47         | 5     | 3,4               |
| <i>O. luteus</i>       | Grupo 1                | 10         | 40,99        | 14    | 0,3               |
|                        | Grupo 2                | 10         | 40,19        | 10    | 0,2               |
|                        | Grupo 3                | 10         | 41,23        | 4     | 0,1               |
|                        | Grupo 4                | 10         | 32,21        | 8     | 0,2               |
|                        | Grupo 5                | 10         | 22,16        | 5     | 0,2               |
|                        | Grupo 6                | 10         | 27,08        | 4     | 0,1               |
|                        | Grupo 7                | 10         | 21,68        | 3     | 0,1               |
| TOTAL <i>O. ispi</i>   |                        | 70         | 10,46        | 73    | 6,9               |
| TOTAL <i>O. luteus</i> |                        | 70         | 225,54       | 48    | 0,2               |
| TOTAL MP               |                        |            |              | 121   |                   |

**Fuente:** Elaboración propia

Con la prueba de Shapiro-Wilk se determinó la distribución normal de datos de la abundancia por grupo por especie. En ambas especies se obtuvo  $p \geq 0,05$ , dando como resultado que los datos tienen una distribución normal (Tabla 10) por lo tanto la prueba estadística para contrastar los resultados entre ambas especies debe de ser una prueba paramétrica.

**Tabla 10***Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

|                  | <b>Estadístico</b> | <b>gl</b> | <b>p</b> |
|------------------|--------------------|-----------|----------|
| <i>O. ispi</i>   | 0,917              | 7         | 0,449    |
| <i>O. luteus</i> | 0,833              | 7         | 0,086    |

**Fuente:** Elaboración propia

Se realizó el análisis de varianza de un factor para determinar la diferencia de la abundancia de microplásticos encontrados en el tracto gastrointestinal de *O. ispi* y *O. luteus* ( $p < 0,05$ ) lo cual indica que si hay diferencia significativa entre la abundancia de microplásticos encontrados en *O. ispi* y la abundancia de microplásticos encontrados en *O. luteus* (tabla 11).

**Tabla 11***Prueba de análisis de varianza ANOVA de un factor*

| <b>F</b> | <b>P</b> |
|----------|----------|
| 30,72    | <0,001   |

**Fuente:** Elaboración propia

Esta diferencia podría deberse a los hábitos alimenticios de las especies, en general los peces del género *Orestias* son considerados omnívoros, se ha reportado a *O. ispi* como una especie principalmente zooplactofaga mientras que *O. ispi* presenta preferencias por moluscos (Iltis, 1991)

#### **4.2.2. Comparación de las características de microplásticos entre peces nativos del género *Orestias* del lago Titicaca**

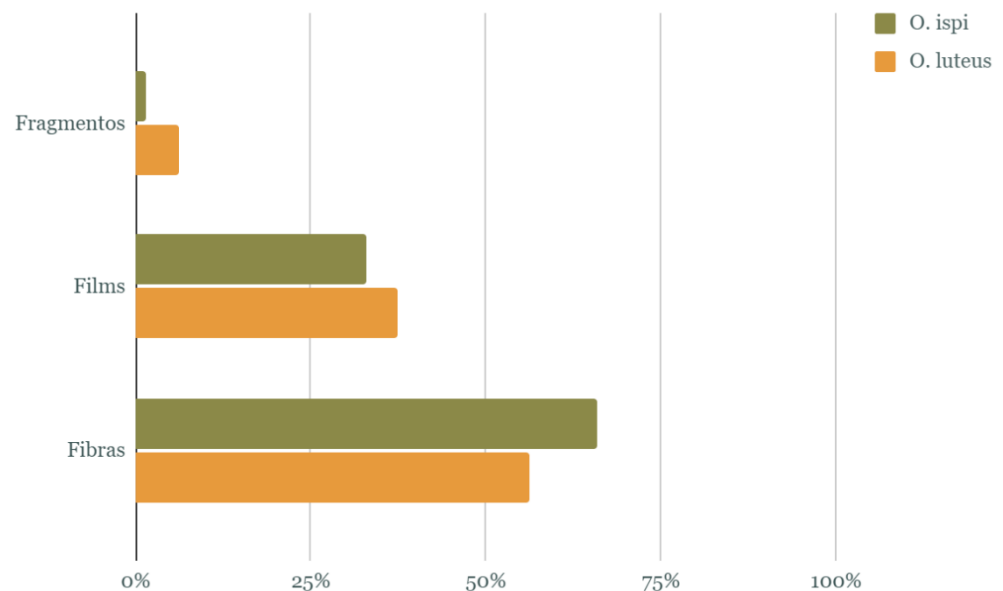
##### **4.2.2.1. Forma**

La forma de microplásticos hallados en ambas especies fue similar, ya que en ambos casos se encontraron fibras, fragmentos y films, sin

embargo, se observó que en cuanto al porcentaje de cada forma encontrada, *O. ispi* consumió un mayor porcentaje de fibras (65,8%) mientras que *O. luteus* consumió un mayor porcentaje de films y fragmentos, 37,5% y 6,3% respectivamente (figura 13).

### Figura 13

Comparación de la forma de microplásticos hallados en *O. ispi* y *O. luteus*, expresado en porcentaje.



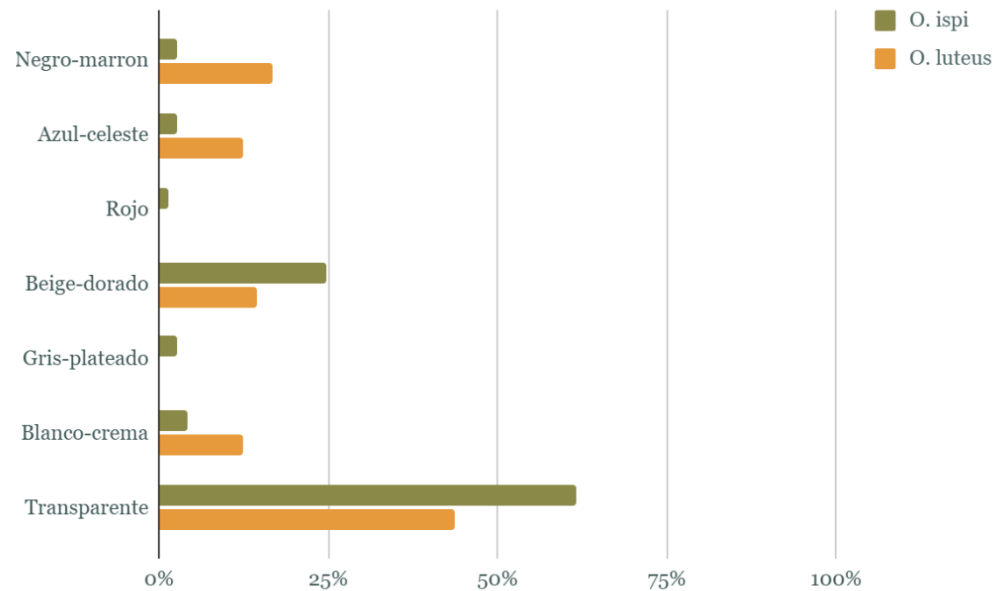
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.2. Color

En cuanto al registro por color de microplásticos, se observaron 7 colores diferentes, estos fueron: transparente, blanco-crema, gris-plateado, beige-dorado, rojo, azul-celeste y negro marrón. En *O. ispi* se encontraron todos los colores antes mencionados, sin embargo, en *O. luteus* no se registraron microplásticos de color rojo o gris-plateado (figura 14).

**Figura 14**

Comparación del color de microplásticos hallados en *O. ispi* y *O. luteus*, expresado en porcentaje



**Fuente:** Elaboración propia

En ambas especies se encontró un mayor porcentaje de microplásticos en forma de fibras y de color transparentes, esta similitud podría deberse al comportamiento de las especies en su hábitat, por una parte *O. ispi* es un pez pelágico y *O. luteus* habita la facies chara del lago Titicaca, sin embargo, se ha reportado ocasionalmente la presencia de *O. ispi* en el hábitat de *O. luteus*, mientras que este último tiende a desplazarse por la columna del agua del lago Titicaca (Lauzane, 1992); además, Ordoñez Rivera & Sanchez Moreno del Castillo, (2019) en su estudio encontró una predominancia del color transparente en el agua superficial y la columna del agua del lago Titicaca. De igual modo la forma predominante en lago Titicaca son las fibras (Loayza et al., 2022; Ordoñez Rivera & Sanchez Moreno del Castillo, 2019) lo cual explica la

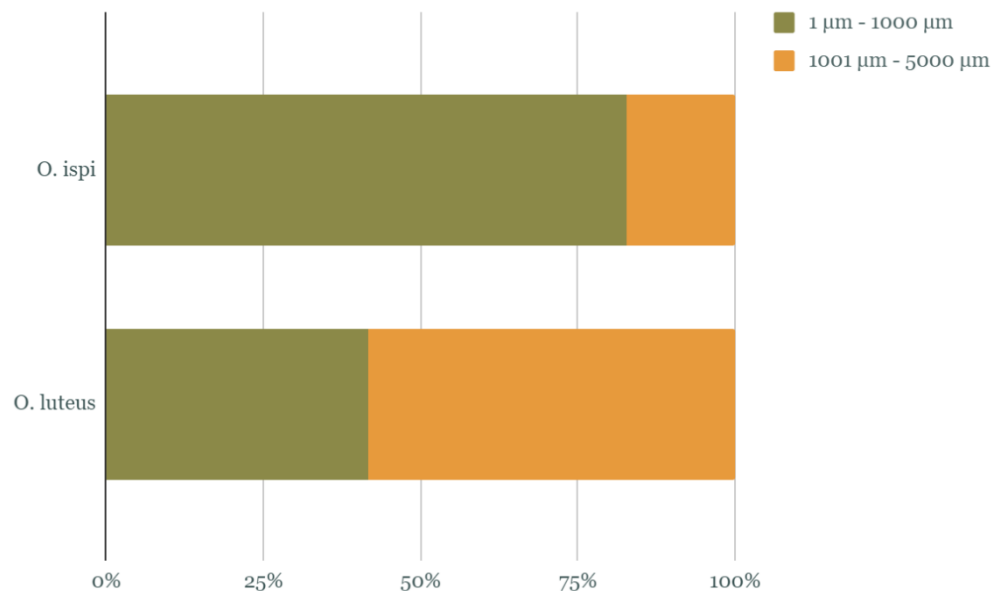
predominancia de la ingesta de microplásticos con estas características en ambas especies.

#### 4.2.2.3. Tamaño

En ambas especies se encontraron microplásticos de entre 1  $\mu\text{m}$  - 1000  $\mu\text{m}$  y 1  $\mu\text{m}$  - 1000  $\mu\text{m}$ ; sin embargo, se puede apreciar que en el caso de *O. ispi*, el rango de tamaño predominante fue de 1  $\mu\text{m}$  - 1000  $\mu\text{m}$  representando un 82,6%, mientras que en *O. luteus* el rango de tamaño predominante fue de 1001  $\mu\text{m}$  - 5000  $\mu\text{m}$  representando un 58,3% (figura 15)

#### Figura 15

*Comparación del porcentaje de tamaño de microplásticos encontrados en O. ispi y O. luteus según rango de tamaño*



Fuente: Elaboración propia





La predominancia de microplásticos de tamaño menor a 1000  $\mu\text{m}$  en *O. ispi* y la predominancia de tamaño mayor a 1000  $\mu\text{m}$  en *O. luteus* podría deberse al tamaño de cada especie, siendo *O. ispi* de menor tamaño que *O. luteus* (Lauzanne, 1992).



## V. CONCLUSIONES

- La abundancia de microplásticos encontrados en el tracto gastrointestinal de *O. ispi* (1,0 MP/ind.) y *O. luteus* (0,7 MP/ind.) nos muestra la realidad de la contaminación por microplásticos en el lago Titicaca y que esta a su vez está llegando a la biota. Además, la abundancia de microplásticos encontrados en el músculo (13,9 MP/g) y carcasa (0,7 MP/g) de *O. ispi* muestra la traslocación de este contaminante emergente de manera preocupante hacia tejidos comestibles lo que puede llegar a tener efectos adversos en la salud humana. Se estima que, por cada ispi se estaría consumiendo hasta 3 microplásticos o hasta 13,9 MP/g de músculo ya que en este tejido se encontró la mayor cantidad de microplásticos. La considerable cantidad de microplásticos encontrados en esta investigación se obtuvieron mediante la caracterización visual y prueba de aguja caliente indirecta.
- La diferencia entre la abundancia de microplásticos encontrados en el tracto gastrointestinal (MP/g) de *O. ispi* (6,9 MP/g) y *O. luteus* (0,2 MP/g) y las diferencias entre el rango de tamaño, con un mayor porcentaje de microplásticos menores a 1000  $\mu\text{m}$  en *O. ispi* y un porcentaje mayor en microplásticos mayores a 1000  $\mu\text{m}$  en *O. luteus*, sugiere que los hábitos alimenticios influyen en la ingesta de microplásticos en el ecosistema del lago Titicaca; por otra parte, la predominancia de la forma de fibra y el color transparente de los microplásticos encontrados en ambas especies podría deberse a que estas son las más abundantes en el lago Titicaca.



## VI. RECOMENDACIONES

- A futuros investigadores realizar la identificación química de los potenciales polímeros encontrados y ampliar los estudios sobre microplásticos en el agua, sedimento y la biota del Lago Titicaca.
- Al Instituto del Mar del Perú – Laboratorio Continental Puno, realizar estudios que permitan identificar las principales vías de ingreso de microplásticos al lago Titicaca.
- A la Dirección Regional de Educación – Puno, realizar charlas de concientización a la población escolar de Puno en general sobre el uso del plástico.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Kelly, F. J., Dominguez, A. O., & Jaafarzadeh, N. (2019). *Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran*. *Environmental Pollution*, 244, 153–164. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.039>
- Akter, M. S., Kumar Chakraborty, T., Ghosh, G. C., Nice, M. S., Zaman, S., & Khan, A. S. (2024). *Microplastics and heavy metals in freshwater fish species in the southwestern region of Bangladesh: An emerging concern for public health*. *Emerging Contaminants*, 10(3), 100325. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100325>
- Alam, F. C., Sembiring, E., Muntalif, B. S., & Suendo, V. (2019). *Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area (case study: Ciwalengke River, Majalaya district, Indonesia)*. *Chemosphere*, 224, 637–645. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.188>
- 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>
- Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L., & Regoli, F. (2015). *Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels*. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 198, 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.12.021>
- Biginagwa, F. J., Mayoma, B. S., Shashoua, Y., Syberg, K., & Khan, F. R. (2016). *First evidence of microplastics in the African Great Lakes: Recovery from Lake Victoria Nile perch and Nile tilapia*. *Journal of Great Lakes Research*, 42(1), 146–149. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2015.10.012>
- Chota-Macuyama, W., & Mendoza, J. C. (2020). *Primer registro de ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos, amazonia peruana*. *Folia Amazónica*, 29(2), Article 2. <https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.521>



- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). *Microplastics as contaminants in the marine environment: A review*. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Collard, F., Gasperi, J., Gilbert, B., Eppe, G., Azimi, S., Rocher, V., & Tassin, B. (2018). *Anthropogenic particles in the stomach contents and liver of the freshwater fish *Squalius cephalus**. *Science of The Total Environment*, 643, 1257–1264. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.313>
- Daniel, D. B., Ashraf, P. M., & Thomas, S. N. (2020). *Microplastics in the edible and inedible tissues of pelagic fishes sold for human consumption in Kerala, India*. *Environmental Pollution*, 266, 115365. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115365>
- Dehaut, A., Cassone, A.-L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Rivière, G., Lambert, C., Soudant, P., & Huvet, A. (2016). *Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization*. *Environmental Pollution*, 215, 223–233.
- Derraik, J. G. B. (2002). *The pollution of the marine environment by plastic debris: A review*. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Devi, S. S., Sreedevi, A. V., & Kumar, A. B. (2020). *First report of microplastic ingestion by the alien fish *Pirapitinga (Piaractus brachyomus)* in the Ramsar site Vembanad Lake, south India*. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111637. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111637>
- Dimante-Deimantovica, I., Suhareva, N., Barone, M., Putna-Nimane, I., Prokopovica, A., Svipsta, S., & Aigars, J. (s/f). *Recovery rate as a measure of quality assurance in microplastic research*.
- Estudio genético de las especies ícticas nativas del lago titicaca. caracterización y estructura poblacional informe final - pdf free download. (s/f). Recuperado el 3 de abril de 2024, de [https://docplayer.es/76292904-Estudio-genetico-de-las-especies-icticas-nativas-del-lago-titicaca-caracterizacion-y-estructura-poblacional-informe-final.html#google\\_vignette](https://docplayer.es/76292904-Estudio-genetico-de-las-especies-icticas-nativas-del-lago-titicaca-caracterizacion-y-estructura-poblacional-informe-final.html#google_vignette)



- Filgueiras, A. V., Preciado, I., Cartón, A., & Gago, J. (2020). *Microplastic ingestion by pelagic and benthic fish and diet composition: A case study in the NW Iberian shelf*. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111623. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111623>
- Galafassi, S., Campanale, C., Massarelli, C., Uricchio, V. F., & Volta, P. (2021). *Do Freshwater Fish Eat Microplastics? A Review with A Focus on Effects on Fish Health and Predictive Traits of MPs Ingestion*. *Water*, 13(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/w13162214>
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). *The impact of debris on marine life*. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1–2), 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>
- Garcia, A. G., Suárez, D. C., Li, J., & Rotchell, J. M. (2021). *A comparison of microplastic contamination in freshwater fish from natural and farmed sources*. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(12), 14488–14497. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11605-2>
- Garcia, T. D., Cardozo, A. L. P., Quirino, B. A., Yofukuji, K. Y., Ganassin, M. J. M., Dos Santos, N. C. L., & Fugi, R. (2020). *Ingestion of Microplastic by Fish of Different Feeding Habits in Urbanized and Non-urbanized Streams in Southern Brazil*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231(8), 434. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04802-9>
- Horton, A. A., Jürgens, M. D., Lahive, E., van Bodegom, P. M., & Vijver, M. G. (2018). *The influence of exposure and physiology on microplastic ingestion by the freshwater fish *Rutilus rutilus* (roach) in the River Thames, UK*. *Environmental Pollution*, 236, 188–194. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.044>
- Iltis, A. (1991). *El Lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual*. IRD Editions.
- Instituto del Mar del Perú, (2018). *IMARPE: Anuario, 2018*. (s/f). Recuperado el 18 de abril de 2024, de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3376>



- Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., & Shi, H. (2017). *Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China*. *Environmental Pollution*, 221, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>
- Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C. K., Romano, N., Ho, Y. B., & Salamatinia, B. (2017). *A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish*. *Science of the Total Environment*, 578, 485–494.
- Kotar, S., McNeish, R., Murphy-Hagan, C., Renick, V., Lee, C.-F. T., Steele, C., Lusher, A., Moore, C., Minor, E., Schroeder, J., Helm, P., Rickabaugh, K., De Frond, H., Gesulga, K., Lao, W., Munno, K., Thornton Hampton, L. M., Weisberg, S. B., Wong, C. S., ... Rochman, C. M. (2022). *Quantitative assessment of visual microscopy as a tool for microplastic research: Recommendations for improving methods and reporting*. *Chemosphere*, 308, 136449. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136449>
- Kuśmierk, N., & Popiołek, M. (2020). *Microplastics in freshwater fish from Central European lowland river (Widawa R., SW Poland)*. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(10), 11438–11442. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08031-9>
- Lauzanne, L. (1982). *Les Orestias (Pisces, Cyprinodontidae) du Petit lac Titicaca*. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 15(1), 39–70.
- Lauzanne, L. (1992). *Native species the Orestias*.
- Lin, L., Ma, L.-S., Li, H.-X., Pan, Y.-F., Liu, S., Zhang, L., Peng, J.-P., Fok, L., Xu, X.-R., & He, W.-H. (2020). *Low level of microplastic contamination in wild fish from an urban estuary*. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111650. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111650>
- Loayza, E., Barrientos, A. C. T., & Janssens, G. P. J. (2022). *Evidence of microplastics in water and commercial fish from a high-altitude mountain lake (Lake Titicaca)*. *PeerJ*, 10, e14112. <https://doi.org/10.7717/peerj.14112>
- Lusher, A. L., Brâte, I. L. N., Munno, K., Hurley, R. R., & Welden, N. A. (2020). *Is It or Isn't It: The Importance of Visual Classification in Microplastic Characterization*. *Applied Spectroscopy*, 74(9), 1139–1153. <https://doi.org/10.1364/AS.74.001139>



- Lusher, A. L., O'Donnell, C., Officer, R., & O'Connor, I. (2016). *Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish*. ICES Journal of Marine Science, 73(4), 1214–1225. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv241>
- Mackenzie, C. M., & Vladimirova, V. (2021). *Preliminary study and first evidence of presence of microplastics in terrestrial herpetofauna from Southwestern Paraguay*. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1080/01650521.2021.1895466>
- Mio-Diaz, M., & Moscoso, M. E. Á. (2023). *Frecuencia de ocurrencia de microplásticos en contenido gastrointestinal de orestias sp. Y odontesthes bonariensis de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco*. Q'EUÑA, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.51343/rq.v14i2.1293>
- Moreno, E., G. Goyzueta, C. Gamarra, M. Aparicio, R. Alfaro G. Argota y M. Vallenás. (2021). *Limnología y ecotoxicología de la bahía interior de Puno, Lago Titicaca, Perú*. Libro. Universidad Nacional del Altiplano de Puno. ISBN N°: 978-612-4295-86-6.
- Munno, K., Lusher, A. L., Minor, E. C., Gray, A., Ho, K., Hankett, J., T Lee, C.-F., Primpke, S., McNeish, R. E., Wong, C. S., & Rochman, C. (2023). *Patterns of microparticles in blank samples: A study to inform best practices for microplastic analysis*. Chemosphere, 333, 138883. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138883>
- Nelms, S. E., Galloway, T. S., Godley, B. J., Jarvis, D. S., & Lindeque, P. K. (2018). *Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators*. Environmental Pollution, 238, 999–1007. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016>
- Noonan, M. J., Grechi, N., Mills, C. L., & de A. M. M. Ferraz, M. (2023). *Microplastics analytics: Why we should not underestimate the importance of blank controls*. Microplastics and Nanoplastics, 3(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s43591-023-00065-3>
- Ordoñez Rivera, K. G., & Sanchez Moreno del Castillo, A. V. (2019). *Identificación de Microplásticos en Recursos Hidrobiológicos: Agua y Especies de Importancia*





- Comercial; Odontesthes Bonariensis y Orestias Luteus en el Lago Titicaca - Bahía de Puno, 2018.* Universidad Católica de Santa María.  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9423>
- Parenti, L. (1984). *A taxonomic revision of the Andean killifish genus Orestias (Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae).* Bulletin of the American Museum of Natural History, 178, 107–214.
- Parenti, L. R. (1981). *A phylogenetic and biogeographic analysis of cyprinodontiform fishes (Teleostei, Atherinomorpha).*  
<http://repository.si.edu/xmlui/handle/10088/15614>
- Parker, B. W., Beckingham, B. A., Ingram, B. C., Ballenger, J. C., Weinstein, J. E., & Sancho, G. (2020). *Microplastic and tire wear particle occurrence in fishes from an urban estuary: Influence of feeding characteristics on exposure risk.* Marine Pollution Bulletin, 160, 111539. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111539>
- Pazos, R. S., Maiztegui, T., Colautti, D. C., Paracampo, A. H., & Gómez, N. (2017). *Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary.* Marine Pollution Bulletin, 122(1), 85–90.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.007>
- Pegado, T. de S. e S., Schmid, K., Winemiller, K. O., Chelazzi, D., Cincinelli, A., Dei, L., & Giarrizzo, T. (2018). *First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary.* Marine Pollution Bulletin, 133, 814–821.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.035>
- Peters, C. A., & Bratton, S. P. (2016). *Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA.* Environmental Pollution, 210, 380–387.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.018>
- Plastics—The Facts 2022 • Plastics Europe. (s/f). Plastics Europe. Recuperado el 3 de abril de 2024, de <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>
- Quispe, D. P., & Flores, M. M. (2019). *Consumo de Orestias agassii y Orestias luteus “Carachi” en la ciudad de Puno: Consumption Orestias agassii and Orestias*



- luteus " Carachi " in the city of Puno*. Investigación Universitaria UNU, 9(1), Article 1.
- Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., Athey, S., Huntington, A., McIlwraith, H., Munno, K., Frond, H. D., Kolomijeca, A., Erdle, L., Grbic, J., Bayoumi, M., Borrelle, S. B., Wu, T., Santoro, S., Werbowski, L. M., ... Hung, C. (2019). *Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 703–711. <https://doi.org/10.1002/etc.4371>
- Rojas, R. R., Arango-Mora, C., Nolorbe-Payahua, C., Medina, M., Vasquez, M., Flores, J., Murayari, F., Vásquez, C., Almeida, V. de, Ramos, W., Rios Isern, E., Marapara Del Aguila, J., Castro, J. C., Del Águila, J., Diaz Jarama, F., & Vasconcelos-Souza, M. (2023). *Microplastic occurrence in fish species from the Iquitos region in Peru, western Amazonia*. *Acta Amazonica*, 53, 65–72.
- Salinas Luna, J. S., & Flores Chuquival, R. A. (2023). *Evaluación microplásticos en los órganos de los peces de la carachama (Pseudorinelepis genibarbis) y el bagre (Pimelodus sp.) provenientes del río Ucayali*. Universidad Nacional de Ucayali. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6750>
- Shruti, V. C., & Kutralam-Muniasamy, G. (2023). *Blanks and bias in microplastic research: Implications for future quality assurance*. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 38, e00203. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2023.e00203>
- Silva-Cavalcanti, J. S., Silva, J. D. B., França, E. J. de, Araújo, M. C. B. de, & Gusmão, F. (2017). *Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource*. *Environmental Pollution*, 221, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068>
- Sun, D., Wang, J., Xie, S., Tang, H., Zhang, C., Xu, G., Zou, J., & Zhou, A. (2021). *Characterization and spatial distribution of microplastics in two wild captured economic freshwater fish from north and west rivers of Guangdong province*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 207, 111555. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111555>



- Ureta Santillan, S. N. (2022). *Determinación del nanoplásticos y microplásticos en contenido estomacal de peces amazónicos de consumo humano: Carachama (pseudorinelepis genibarbis) toa (hemisorubim platyrhynchos), procedentes del río huallaga en el km 25 al noreste de tingo maria (aucayacu) 2021.*
- Valdez, C., & Cuadros, G. (2022). *Biomasa y distribución de los principales recursos pesqueros del lago titicaca.* 49(4).
- Wang, S., Zhang, C., Pan, Z., Sun, D., Zhou, A., Xie, S., Wang, J., & Zou, J. (2020). *Microplastics in wild freshwater fish of different feeding habits from Beijiang and Pearl River Delta regions, south China.* *Chemosphere*, 258, 127345. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127345>
- Way, C., Hudson, M. D., Williams, I. D., & Langley, G. J. (2022). *Evidence of underestimation in microplastic research: A meta-analysis of recovery rate studies.* *Science of The Total Environment*, 805, 150227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150227>
- Yu, J. T., Helm, P. A., & Diamond, M. L. (2024). *Source-specific categorization of microplastics in nearshore surface waters of the Great Lakes.* *Journal of Great Lakes Research*, 50(1), 102256. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2023.102256>
- Zhang, C., Wang, S., Pan, Z., Sun, D., Xie, S., Zhou, A., Wang, J., & Zou, J. (2020). *Occurrence and distribution of microplastics in commercial fishes from estuarine areas of Guangdong, South China.* *Chemosphere*, 260, 127656. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127656>

## ANEXOS

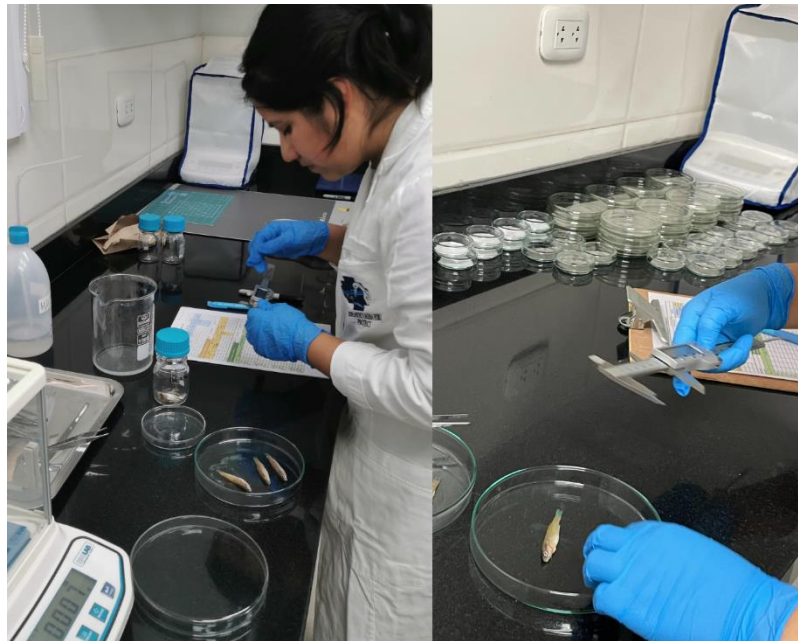
### ANEXO 1. Compra de peces en el mercado Unión y Dignidad.



### ANEXO 2. Agrupación de muestras de *O. ispi* y *O. luteus*



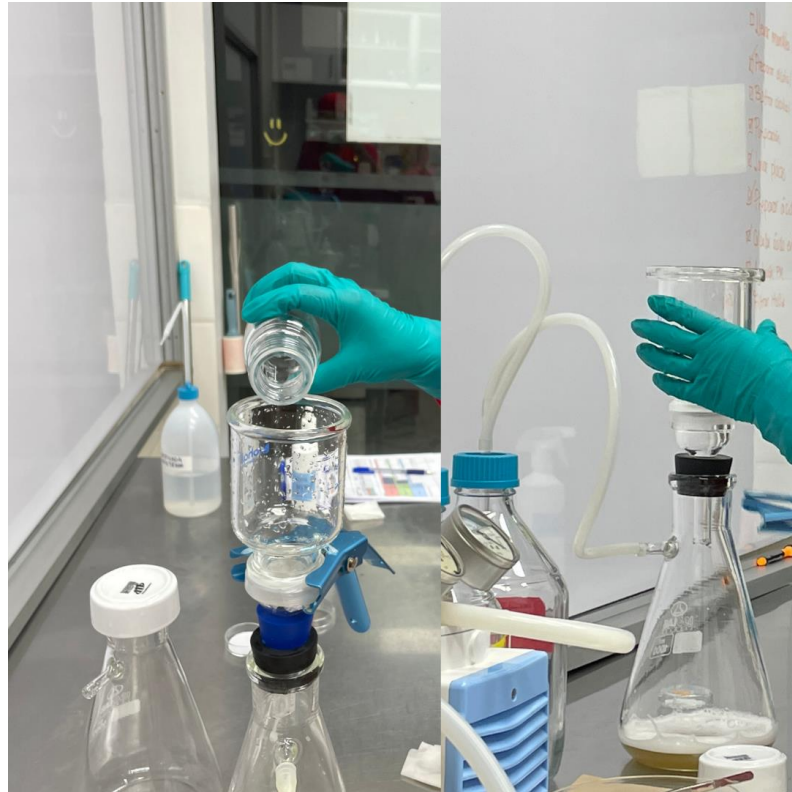
### ANEXO 3. Toma de datos de morfometría



### ANEXO 4. Proceso de digestión de muestras



## ANEXO 5. Filtración de muestras



## ANEXO 6. Revisión de filtros en el estereoscopio





## ANEXO 7. Lavado de materiales para el procesamiento de muestras



## ANEXO 8. Constancia de ejecución del proyecto de tesis.



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

### CONSTANCIA

LA QUE SUSCRIBE,  
INVESTIGADORA PRINCIPAL DE MICROPLASTIC FAUNA PERU PROJECT,  
LIMA, PERÚ

#### HACE CONSTAR:

Que, la bachiller **Gariz Chileca Riveros Urbina**, egresada de la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, se ha presentado al laboratorio de Microplastic Fauna Peru Project y ha ejecutado su proyecto de tesis titulado: “**MICROPLÁSTICOS EN PECES NATIVOS DEL GÉNERO *Orestias* DEL LAGO TITICACA DESTINADOS AL CONSUMO HUMANO**” durante los períodos noviembre 2021 a julio 2022 y de mayo 2023 a abril 2024.

Se emite la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Lima, 15 de abril de 2024

Atentamente,



---

**Charlene Luján Vega MV MSc PhD(c)**  
Investigadora principal  
Microplastic Fauna Peru Project





### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Gariz Chuteca Riveros Urbina,  
identificado con DNI 48187150 en mi condición de egresado de:

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

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

“ Microplásticos en peces del género *Orestias* spp del lago Titicaca  
que son destinados al consumo humano - Perú ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 25 de 04 del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Geoviz Chileca Rivas Urbina,  
identificado con DNI 48187150 en mi condición de egresado de:

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

de Biología

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

“Microplásticos en peces del género *Orestias* spp del lago Titicaca que son  
destinados al consumo humano - Perú”

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.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 25 de 04 del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella