

Evaluación del Estado de Conservación y Propuesta de Estrategia y Plan de Acción Binacional para la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de las especies del género *Orestias* spp. en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru, del Proyecto “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca Desaguadero- Poopó-Salar de Coipasa (GIRH-TDPS)”

**Tercer producto**

**10 de enero 2021**

**Consultores: Carla Ibáñez Luna – Responsable**

**Erick Loayza Torrico**

**La Paz - Bolivia**

## Contenido

Evaluación del Estado de Conservación y Propuesta de Estrategia y Plan de Acción Binacional para la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de las especies del género <i>Orestias</i> spp. en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru, del Proyecto “Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca Desaguadero- Poopó-Salar de Coipasa (GIRH-TDPS)” .....	1
INTRODUCCIÓN .....	4
CAPITULO I .....	6
Diagnóstico y evaluación del estado de conservación del genero <i>Orestias</i> en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru.....	6
Diversidad de peces nativos de los lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó del Sistema TDPS .....	6
Amenazas actuales para las <i>Orestias</i> en los lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó .....	10
Categorización de las <i>Orestias</i> a nivel nacional e internacional .....	15
Informe preliminar de la Evaluación del estado de conservación y diagnóstico de las especies del género <i>Orestias</i> en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru .....	17
Métodos .....	18
Resultados .....	25
<i>Orestias agassizii</i> .....	29
<i>Orestias crawfordi</i> .....	33
<i>Orestias imarpe</i> .....	35
<i>Orestias ispi</i> .....	37
<i>Orestias gr gilsoni</i> .....	38
<i>Orestias luteus</i> .....	40
CAPITULO II .....	47
Resultados del Taller de “Análisis y sistematización de la información sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de Especies del género <i>Orestias</i> ” .....	47
Enfoque general para el taller binacional .....	47
Agenda Taller Binacional .....	52
Presentación del taller .....	53
Participantes al taller .....	65
Transcripción del aporte del taller por los especialistas .....	66
Mesa de trabajo 1: Políticas de gestión de recursos ícticos en el sistema TDPS .....	70
Mesa de trabajo 2: Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros en el sistema TDPS .....	74
Plenaria general conclusiones de las mesas de trabajo .....	79
CAPITULO III .....	82

REFERENCIAS.....	82
ANEXOS .....	93

## INTRODUCCIÓN

El sistema TDPS comprende la cuenca endorreica del Lago Titicaca, el río Desaguadero, el Lago Poopó hasta el salar de Coipasa, ocupando gran parte del Altiplano boliviano-peruano. Este sistema es único por razones culturales, económicas y ambientales, siendo considerado como un sitio RAMSAR de gran importancia para la conservación de la biodiversidad. Históricamente las culturas milenarias que se desarrollaron alrededor de sus principales cuerpos de agua, se han visto fuertemente relacionadas a la actividad pesquera, volviéndose esta una actividad ancestral que hoy forma parte del conocimiento tradicional de la gente. En la actualidad se considera a los peces como un recurso de gran valor para la seguridad alimentaria, particularmente de las comunidades rurales. Sin embargo, en las últimas décadas las poblaciones de peces se han visto afectadas por tres principales razones: La contaminación, la introducción de especies exóticas y la descontrolada actividad pesquera (Pauly et al., 2005).

El TDPS, al ser un sistema endorreico también se enfrenta a los efectos del cambio climático que se hacen más evidentes con el pasar de los años. Esta situación amenaza a las poblaciones de peces nativos que habitan en el sistema, como las especies de *Trichomycterus* y *Orestias*, géneros endémicos de la región. El efecto que se ejerce sobre las poblaciones nativas de *Orestias* es ampliamente debatido. Sin embargo, y pese a múltiples esfuerzos realizados por los gobiernos de Bolivia y Perú, y pese a la existencia de la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó, y Salar de Coipasa (ALT), se han realizado pocos avances con respecto a la conservación de los lagos del Sistema TDPS (PNUD, 2016).

La contaminación minera a los lagos Uru Uru y Poopó (C. I. Molina et al., 2012), el vertido de aguas negras al Lago Titicaca por efluentes domésticos e industriales no tratados, residuos de piscicultura, sobrepesca, introducción de especies (C. Ibañez et al., 2014; C. Molina et al., 2017), y contaminantes emergentes como los antibióticos, que sumados a la reducción y pérdida de hábitat acuático, hacen necesarias las acciones para la elaboración estrategia de conservación que permitan el aprovechamiento sostenible de las especies del género *Orestias*.

Es en respuesta a esta problemática que el proyecto GIRH-TDPS, establece la necesidad de realizar una evaluación del estado de conservación y aprovechamiento de las especies del género *Orestias*, que permitirá orientar las acciones necesarias para la gestión integral del sistema. Como parte de

esta evaluación es que se desprende el presente trabajo, el que corresponde al segundo informe (tercer producto) de dicha evaluación.

Este informe se encuentra dividido en dos Capítulos principales y un capítulo de referencias. El primero se encuentra dividido en dos partes, donde se encontrará en su parte primera, un breve diagnóstico en relación al estado de conservación del género *Orestias* en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru, donde se describe y analiza el estatus actual de estos peces y sus amenazas latentes. Mientras que en la segunda parte se incluyen los métodos utilizados y los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones de campo en Perú y Bolivia durante el año 2020.

El segundo capítulo corresponde a los resultados y la discusión generada del primer taller binacional; *“Análisis y sistematización de la información sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de las especies del género Orestias spp.”*. En este capítulo encontrará el enfoque presentando un análisis de los problemas – causas y efectos identificadas en un árbol de problemas para cada lago: Titicaca, Poopó y Uru Uru.

De la misma manera se encuentra una descripción de la metodología aplicada en el taller a través de dos mesas de trabajo: divididas en *“Políticas de gestión de los recursos ícticos en el sistema TDPS”* (Mesa 1) y *“Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros en el sistema TDPS”* (Mesa 2). Finalmente, también se encontrará la agenda del taller y el trabajo del análisis y sistematización de la información recopilada en el primer informe.

## CAPITULO I

Diagnóstico y evaluación del estado de conservación del género *Orestias* en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru.

Los peces de agua dulce son un grupo importante para el ser humano. Se estima que proveen el 17% de la ingesta de proteína animal anual consumida a nivel mundial (FAO, 2018), siendo de vital importancia para la seguridad alimentaria en áreas rurales. En las últimas décadas se ha evidenciado una pérdida sustancial de las poblaciones de peces a escala mundial (Dudgeon et al., 2006; Funge-Smith, 2018; Pauly et al., 2005). Esta pérdida se hace aún más evidente en cuencas vulnerables, como es el caso de la cuenca endorreica del Altiplano, en los Andes Centrales de Sudamérica (14°-22° S y 66°-71° W). Esta cuenca altiplánica se caracteriza por la presencia de dos grandes lagos, el Titicaca y el Poopó, conectados por el río Desaguadero, que junto al salar de Coipasa dan origen al acrónimo del Sistema TDPS (Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa). Dentro de este sistema se encuentra también el Lago Uru Uru, conectado al Lago Poopó por el mismo río Desaguadero. Los recursos hídricos y la biodiversidad acuática son de alto valor para Bolivia y Perú, quienes comparten gran parte de este sistema (Figura 1.1).



**Figura 1.1.** Ubicación y elementos lacustres del Sistema hídrico Titicaca, Desaguadero, Poopó-Coipasa (TDPS).

### *Diversidad de peces nativos de los lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó del Sistema TDPS*

La fauna de peces que habitan en el sistema TDPS se encuentran representados mayoritariamente por los géneros nativos *Trichomycterus* y *Orestias*, que habitan principalmente en los lagos Titicaca,

Uru Uru y Poopó, siendo más diverso el sistema hídrico del Lago Titicaca y, por lo tanto, el con mayor información sobre la biodiversidad que alberga (Carla Ibañez & Loayza, 2020). El género endémico de las *Orestias* (Familia Cyprinodontidae), fue descrito por primera vez por Valenciennes (1839), con múltiples descripciones posteriores (C. Ibañez et al., 2014).

Actualmente se cuenta con 45 especies taxonómicas que se consideran válidas en este género, y más de 30 de estas especies habitan en el Lago Titicaca y en los cuerpos de agua cercanos (Cruz-Jofré et al., 2013; Parenti, 1984). La clasificación más difundida de este género es la realizada por Parenti (1984), quien agrupo a las especies en cuatro complejos (*agassii*, *mulleri*, *cuvieri* y *gilsoni*, Tabla 1), aunque existen varias discrepancias sobre muchas de las especies descritas por este autor (C. Ibañez et al., 2014). La mejor caracterización de la fauna del Lago Titicaca fue realizada hace 30 años, publicada en Dejoux & Ittis (1991).

Lauzanne (1991) reportó que la ictiofauna del Lago Titicaca estaba integrada por varias especies de *Orestias*, y que además una gran mayoría son endémicas de este sistema. Pese a toda la investigación realizada sobre las incertidumbres taxonómicas en el género, el número total de especies de *Orestias* existentes en el Lago Titicaca es aún un tema de polémica, no solo por la discrepancia mencionadas, sino también por la evidente posibilidad de hibridación entre especies (Lüssen et al., 2003; Sostoa A. et al., 2010; Esquer-Garrigos et al., 2015). Si bien se han descrito más de 20 especies de *Orestias* para el Lago Titicaca, Sostoa et al., (2010), basado en evidencia genética da validez solamente a 12 (*O. agassizii*, *O. albus*, *O. crawfordi*, *O. forgeti*, *O. gilsoni*, *O. gracilis*, *O. incae*, *O. ispi*, *O. luteus*, *O. pentlandii*, *O. tomcooni*, y *O. uruni*), y reporta que muchas de las especies descritas por Parenti (1984) no pudieron ser encontradas ni rescatadas genéticamente. Trabajos posteriores como el de Esquer - Garrigos et al., (2013) y Takahashi & Moreno (2015) ponen aún más en duda el verdadero número de especies válidas para *Orestias* (Tabla 1.1), así como su clasificación. Por ejemplo, Esquer - Garrigos et al., (2013) modifica las especies pertenecientes al complejo *agassizii* (nótese que *agassizii* es un *nomem nudum* de *agassii*) y renombra el complejo *mulleri* por complejo *luteus*, debido a la poca evidencia genética de este grupo. Los últimos trabajos basados en evidencia genética mencionados con anterioridad, concluyen que la diversificación de *Orestias* es un proceso de especiación muy reciente, por lo que la clasificación de los linajes puede ser aún incompleta.

**Tabla 1.1.** Clasificación del género *Orestias*. La clasificación de Lauzanne (1982), Parenti (1984) y Villwock (1986) se basó en evidencia morfológica y la clasificación de Sostoa et al., (2010) Esquer- -Garrigos et al., (2013) y Takahashi y Moreno (2015) en evidencia genética.

Lauzanne (1982)	Parenti (1984)	Villwock (1986)	Sostoa et al., (2010)	Garrigos et al., (2013)	Takahashi y Moreno (2015)
<b>Grupo 1</b>	<b>Complejo cuvieri</b>	<b>Grupo I</b>	<b>Clado I</b>	<b>Complejo cuvieri</b>	<b>Grupo A</b>
<i>O. albus*</i>	<i>O. cuvieri*</i>	<i>O. cuvieri*</i>	<b>Complejo gilsoni</b>	<i>O. cuvieri*</i>	<i>O. agassii</i>
<i>O. jussiei</i>	<i>O. forgeti*</i>	<i>O. pentlandii*</i>	<b>Complejo mulleri</b>	<i>O. forgeti*</i>	<i>O. frontosus</i>
<i>O. luteus*</i>	<i>O. ispi*</i>	<b>Grupo II</b>	<b>Complejo cuvieri</b>	<i>O. ispi*</i>	<i>O. cf. puni</i>
<b>Grupo 2</b>	<i>O. pentlandii*</i>	<i>O. agassii</i>	<i>O. luteus</i>	<i>O. pentlandi*</i>	<b>Grupo B</b>
<i>O. gilsoni*</i>	<b>Complejo agassii</b>	<i>O. agassii elegans</i>	<i>O. albus</i>	<b>Complejo agassizii</b>	<i>O. pentlandii*</i>
<i>O. minimus*</i>	<i>O. agassii</i>	<i>O. agassii gilsoni*</i>	<i>O. rotundipinnis</i>	<i>O. agassizii</i>	<b>Grupo C</b>
<i>O. mulleri*</i>	<i>O. albus*</i>	<i>O. agassii jussiei</i>	<i>O. farfani</i>	<i>O. cf. Agassizii</i>	<i>O. incaea*</i>
<i>O. tchernavini*</i>	<i>O. ascotanensis</i>	<i>O. agassii langui</i>	<b>Clado II</b>	<i>O. cf. sillustani*</i>	<i>O. cf. crawfordi 1*</i>
<b>Grupo 3</b>	<i>O. ctenolepis</i>	<i>O. agassii minimus*</i>	<b>Complejo agassizii</b>	<i>O. tschudii*</i>	<i>O. cf. crawfordi 2*</i>
			<b>sensu stricto</b>		
<i>O. mooni*</i>	<i>O. elegans</i>	<i>O. agassii minutus*</i>	Ejemplares híbridos	<b>Complejo gilsoni</b>	<i>O. sp 1*</i>
<b>Grupo 4</b>	<i>O. empyraeus</i>	<i>O. agassii owenii</i>		<i>O. cf. crawfordi*</i>	<i>O. sp 2*</i>
<i>O. ispi*</i>	<i>O. farfani*</i>	<i>O. agassii pequeni*</i>		<i>O. "gilsoni" morpho A*</i>	<b>Grupo D</b>
<b>Grupo 5</b>	<i>O. frontosus*</i>	<i>O. agassii polonorum</i>		<i>O. "gilsoni" morpho B*</i>	<i>O. ispi*</i>
<i>O. forgueti*</i>	<i>O. gymnotus</i>	<i>O. agassii taquiri*</i>		<b>Complejo luteus</b>	<i>O. uruni*</i>
<b>Grupo 6</b>	<i>O. hardini</i>	<i>O. agassii tschudii*</i>		<i>O. albus*</i>	<i>O. cf. tomcooni*</i>
<i>O. pentlandii*</i>	<i>O. jussiei</i>	<i>O. agassii tutini*</i>		<i>O. luteus*</i>	<i>O. cf. imarpe*</i>
<b>Grupo 7</b>	<i>O. laucaensis</i>	<i>O. agassii uruni*</i>		<i>O. "mulleri" morpho A*</i>	<i>O. mulleri*</i>
<i>O. agassii</i>	<i>O. luteus*</i>	<i>O. agassii uyunius</i>		<i>O. "mulleri" morpho B*</i>	<i>O. cf. mulleri 1*</i>
<i>O. polonorum</i>	<i>O. multiporis*</i>	<i>O. luteus*</i>			<i>O. cf. mulleri 2*</i>
<b>Grupo 8</b>	<i>O. mundus</i>	<b>Grupo IV</b>			<i>O. cf. mulleri 3*</i>
<i>O. crawfordi*</i>	<i>O. olivaceus*</i>	<i>O. mulleri*</i>			<i>O. cf. mulleri 4*</i>
<i>O. olivaceus*</i>	<i>O. parinacotensis</i>				<i>O. cf. mulleri 5*</i>
	<i>O. polonorum</i>				<i>O. cf. mulleri 6*</i>
	<i>O. puni*</i>				<i>O. cf. mulleri 7*</i>
	<i>O. richersoni*</i>				<i>O. sp. 3*</i>
	<i>O. rotundipinnis*</i>				<b>Grupo E</b>
	<i>O. silustani*</i>				<i>O. luteus*</i>
	<i>O. tschudii*</i>				<i>O. albus*</i>
	<i>O. ututo</i>				<i>O. cf. olivaceus*</i>
	<b>Complejo gilsoni</b>				
	<i>O. gilsoni*</i>				



---

*O. imarpe*\*  
*O. minimus*\*  
*O. minutus*\*  
*O. mooni*\*  
*O. robustus*\*  
*O. taquiri*\*  
*O. tchernavini*\*  
*O. tomcooni*\*  
*O. uruni*\*  
**Complejo mulleri**  
*O. crawfordi*\*  
*O. gracilis*\*  
*O. incae*\*  
*O. mulleri*\*  
*O. tutini*\*

---

\* Especies endémicas de la cuenca del Lago Titicaca

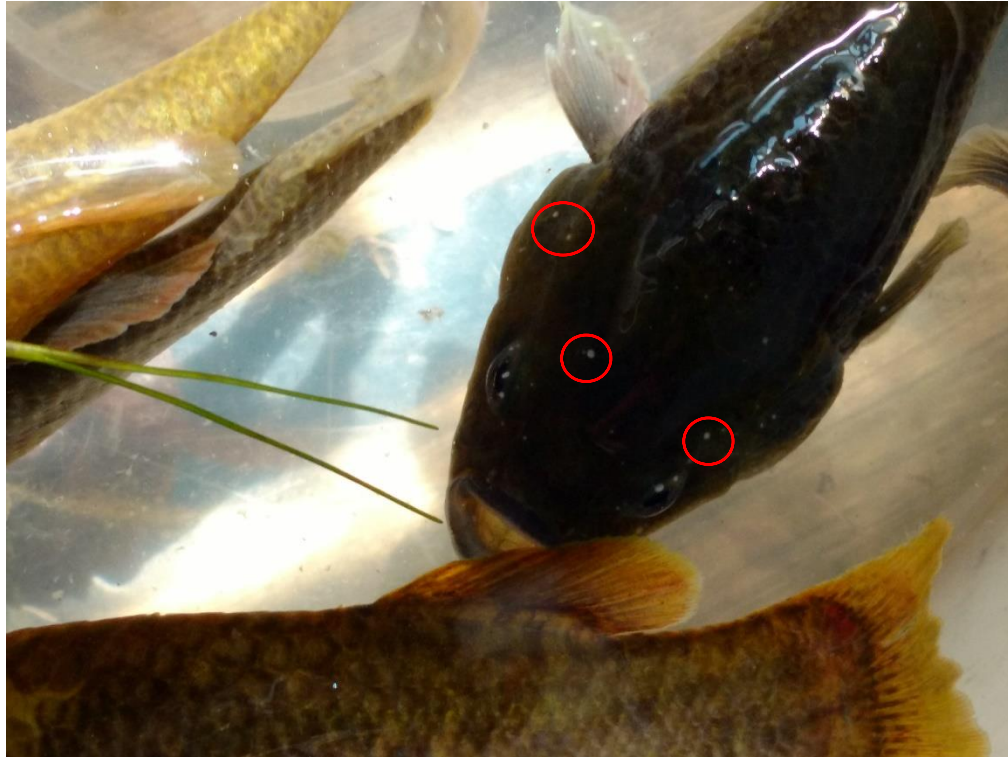
## Amenazas actuales para las *Orestias* en los lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó

### Especies introducidas

La supervivencia de los peces del género *Orestias* se ha visto afectada por la introducción de especies exóticas como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), ambas introducidas en la década del 40. Inicialmente fueron introducidas cuatro especies de Salmónidos en el Lago Titicaca (*Salvelinus namaycush*, *Salvelinus fontinalis*, *Salmo trutta* y *Salmo gairdneri* ahora *Oncorhynchus mykiss*), de las que solo la trucha arcoíris logró establecerse de manera silvestre en el lago, así como en ríos y lagunas de altura a lo largo del Altiplano boliviano-peruano. Por otra parte, el pejerrey (Familia Atherinidae) originario de Argentina, fue introducido al Lago Poopó, desde donde remontó el río Desaguadero hasta se estableciera en el Lago Titicaca entre 1955-56, invadiendo enteramente el lago y sus afluentes (Loubens & Osorio, 1992), siendo ahora considerado un recurso de alto valor económico.

La relación predador-presa entre especies introducidas y nativas ha tenido pocos estudios. Sin embargo, Monroy et al., (2014) en base a evidencia isotópica, encontraron un solapamiento de nicho trófico con el pejerrey (39%) y la trucha (19,7%), además de identificar al ispi como un componente principal de la alimentación de ambas especies. Se menciona también que en estadios juveniles las especies introducidas son competidores de las especies nativas, y una vez entrada a la adultez pasan a ser predadores, particularmente del ispi. Producto de esta interacción, se responsabiliza a la introducción de la trucha por la extinción del umanto (*Orestias cuvieri*), una *Orestias* endémica del Titicaca (Brenner, 1994). Otro problema acarreado por la introducción de especies es la introducción de parásitos, como el *Ichthyophthirius multifiliis*, también conocida como "ich" (Hoffman, 1970), que se asume fue introducido junto con la trucha y el pejerrey, y produjo una masiva mortandad de *Orestias* en 1981, siendo *O. agassizii* la especie más afectada (Wurstbaugh & Tapia, 1988).

Este ectoparásito es un protozoario ciliado que provoca la enfermedad de *puntos blancos* (Figura 1.2), que cuando se aloja en la piel de los peces es protegido por la mucosidad natural del pez, por lo que es difícilmente tratable con fármacos. Usualmente las especies más afectadas reportadas son *O. agassizii*, *O. luteus* y *O. mulleri* (Peña Dominguez & Tisnado Angulo, 2006), debido principalmente a que son las especies de mayor distribución en el Lago Titicaca. Esta enfermedad no se ha reportado para las *Orestias* que habitan el Lago Uru Uru y Poopó (*O. agassizii* y *O. luteus*), muy probablemente por causa de las condiciones extremas de esos ecosistemas lacustres (poca profundidad y alta radiación solar).



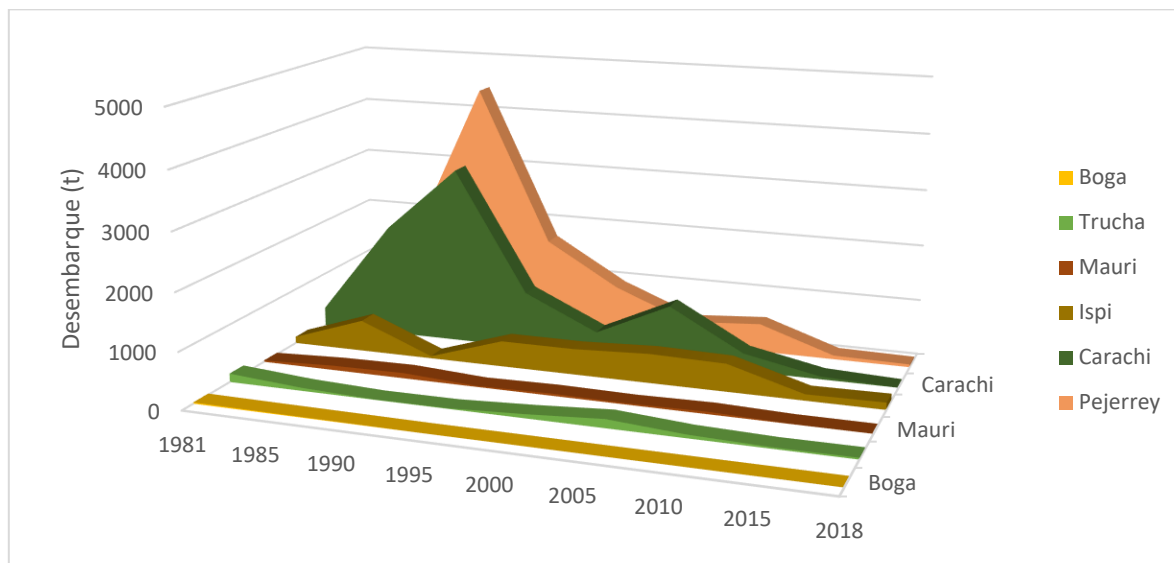
**Figura 1.2.** Carachi amarillo (*O. luteus*) con la enfermedad del punto blanco (círculos rojos).  
Fotografía: Erick Loayza

#### *Sobreexplotación de los recursos pesqueros*

La pesca es una actividad muy relevante para el área rural, así como para los consumidores en algunos sectores de la ciudad de El Alto y La Paz principalmente, sobre todo la pesca de pejerrey (especie introducida), el carachi y el ispi. Esta actividad se viene desarrollando de manera tradicional desde tiempos preincaicos (Miller et al., 2010), por lo que se considera dentro de los saberes ancestrales de las distintas comunidades asentadas a orillas de los lagos del TDPS, como los Urus en el Lago Titicaca o los Uru Muratos en Oruro. Sin embargo, en las últimas décadas se ha advertido una reducción de los recursos pesqueros del TDPS no solo en los desembarques, sino también en una disminución del consumo per cápita. Por ejemplo, el consumo per cápita de carachi en la región de Puno cada año es menor debido a la escasez de las especies nativas por causa de la sobreexplotación (Pari Quispe & Mamani Flores, 2019).

En el Lago Titicaca, la actividad pesquera es permanente y se desarrolla en el cinturón circunlacustre. No obstante, el crecimiento de la población ribereña, sumado a la carencia de actividades productivas alteras se constituye una amenaza evidente para el futuro de la actividad (Chura & Treviño, 2012). Los desembarques desde 1981 a 2018 han presentado una declinación constante (Figura 1.3), siendo más evidente para las *Orestias* (Carachi: *O. agassizii*, *O. luteus*; ispi: *O. ispi*). Los registros de desembarques de IMARPE Puno muestran un incremento de la población de carachis desde la década de los 80 hasta 1995, y una drástica disminución de 1995 a 2005, con un leve incremento en 2010 y un nuevo declive hasta el último reporte de libre acceso. Para el caso del ispi, este permanece constante y disminuye en la última década. La reducción observada en los desembarques, solo pueden ser evidenciados para el Perú, gracias a los registros históricos de IMARPE Puno. En cambio, la situación en el ámbito boliviano no es del todo conocida, ya que no

existen registros constantes, siendo solo reportes esporádicos eventuales. No obstante, se espera un comportamiento similar a lo que ocurre en el ámbito peruano, ya que se observó una dramática reducción de las especies nativas desde 504 t en 1982 a apenas 95 t en el 2014 (ALT, 2020).



**Figura 1.3.** Desembarques pesqueros de los principales recursos del Lago Titicaca, en la parte peruana. Fuente: Anuarios IMARPE (2010-2019) y Chura & Treviño (2012). Elaboración propia.

Si bien el Lago Titicaca es un cuerpo de agua compartido, la normativa es diferente para cada país, existiendo una regulación peruana bien establecida, aunque con poco cumplimiento; mientras que el sector boliviano tiene una pobre legislación pesquera y una fiscalización aún más deficiente (Ibañez et al., 2014; Loayza et al., 2020; Revisar acápite de plenaria general conclusiones de las mesas de trabajo del Taller Binacional en el presente documento), siendo un problema latente la gestión binacional de los recursos pesqueros.

Un escenario diferente es el que se observa en el Lago Poopó y Uru Uru, donde las mismas asociaciones pesqueras ejercen una gestión autónoma de autorregulación, teniendo sistema de veda con una autofiscalización por parte de las mismas asociaciones. Este periodo de veda comprende entre los meses de diciembre a abril para las especies nativas, dejando “descansar” al ecosistema para su recuperación (Con pers. Gregorio Kallisaya, pescador Machacamarca). El Servicio Departamental de Agricultura y Ganadería (SEDAG) del Gobierno Departamental de Oruro es la institución autorizada para el control y seguimiento de la actividad pesquera y el cumplimiento de los periodos de veda establecidos, así como la emisión de credenciales de pescadores y comerciantes (ALT, 2020). Pese a estos controles la disminución de los recursos pesqueros también ha sido evidente para estos lagos. La máxima extracción de pesca en el Lago Poopó se alcanzó en 1990, extrayendo 3379 t, entre pejerrey y carachi (Zabaleta & Bremer, 1993). En la actualidad, debido a factores negativos ambientales (fenómenos climáticos de “El Niño” y “La Niña”, calentamiento global) así como alteraciones antrópicas como la contaminación minera (Navarro Torres et al., 2012) han alterado las condiciones del hábitat, afectando severamente la actividad pesquera, haciendo que los volúmenes de captura se encuentren en niveles muy bajos, reportándose un volumen de extracción de 1 t para el 2018 (ALT, 2020).

Muchas de las especies nativas no son solo aprovechadas para el consumo humano, sino también para su uso como alimento para la cría artesanal de trucha en el Lago Titicaca, principalmente en Bolivia. Antiguamente solo se usaba el ispi deshidratado para preparar alimento para las truchas

criadas de manera artesanal (Figura 1.4). Sin embargo, en los últimos años se ha visto una disminución en la oferta en mercados de esta especie en la parte boliviana (*observación personal*). Esto ha llevado a que se pesquen las especies pequeñas (i.e. *O. imarpe*, *O. gilsoni*) como alternativa a la ausencia del ispi, así como a juveniles de otros carachis (i.e. *O. agassizii*).



**Figura 1.4.** Ispi deshidratado (izquierda) que es posteriormente molido con afrecho para elaborar alimento artesanal (derecha) para la cría de trucha. Fotografía: Erick Loayza

#### *Pérdida del hábitat, degradación y contaminación del ecosistema*

Las presiones resultantes del crecimiento de la población humana en las zonas circunlacustre del Lago Titicaca afecta de forma negativa a este ecosistema. Por ejemplo, la Bahía interior de Puno, situada en la subcuenca del Lago Mayor en Perú muestra concentraciones muy elevadas de nutrientes, mostrando síntomas químicos de una eutrofización extrema (Beltrán Farfán et al., 2015), pese a la presencia de lagunas de estabilización en esta ciudad. De manera similar, la subcuenca de poca profundidad del Lago Menor ha ido mostrando señales de un deterioro paulatino durante las últimas décadas. Este deterioro es el resultado de la contaminación minera, doméstica e industrial generada por la rápida expansión demográfica de la ciudad de El Alto (más de 1,2 millones de habitantes), que nació como un suburbio de la ciudad La Paz. Las aguas residuales casi crudas del área urbana de El Alto drenan en la Bahía de Cohana en el sector boliviano del Lago Menor, y si bien existe una planta de tratamiento de aguas, esta es deficiente en su rendimiento (MMAyA/VRHR, 2018). El enriquecimiento que sufre la Bahía de Cohana en el Lago Menor trae consigo un cambio trófico, afectando la biodiversidad y la calidad del agua (Molina et al., 2017). Esta situación derivó en un evento extremo de proliferación de microalgas (denominado *Bloom algal*) en el año 2015, dando como resultado una elevada mortandad de peces y ranas, producto de la reducción de oxígeno en el agua (Lazzaro et al., 2016).

Si bien, en los últimos años diversas instituciones evaluaron el nivel de contaminación tanto de la Bahía interior de Puno y la Bahía de Cohana, pocas medidas se han logrado alcanzar para la conservación del ecosistema acuático. Se hace cada vez más evidente la pérdida y degradación de los bancos de macrófitas, sitios de alta importancia no solo para la reproducción, alimentación y refugio de los peces, sino también de la rana endémica del lago (*Telmatobius culeus*) (Ibañez et al.,

2014; Lazzaro et al., 2016; Muñoz-Saravia, 2018). Esto resalta la necesidad de enfocar acciones prioritarias a la conservación del hábitat y no así, a un grupo taxonómico en específico.

En el caso de los Lagos Uru Uru y Poopó, existe una deficiencia permanente de oxígeno, producto de la contaminación orgánica y la poca profundidad de estos lagos, acentuadas en el Lago Poopó por la constante desertificación que sufre. Sin embargo, el principal problema ambiental latente en ambos lagos es la elevada concentración de metales (plomo, cobre, arsénico y cadmio) provenientes de la actividad minera de la ciudad de Oruro, descargadas por el río Huanuni. Pese a esfuerzos locales, departamentales y nacionales, poco se ha logrado realizar en relación a este problema. Esto puede tener efectos serios no solo en la población de peces, ya que estos metales pueden acumularse y biomagnificarse a lo largo de la cadena trófica, por lo que pueden ser transferidos a las personas que los consumen en su dieta. Un estudio realizado por Molina et al., (2012) mostró que los niveles de Cd presente en *O. agassizii* del Lago Poopó estuvieron por encima del límite máximo permisible sugerido por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Unión Europea, lo que podría representar un riesgo para la salud humana.

#### *Amenazas emergentes*

El problema de la degradación ambiental mencionado anteriormente es algo estudiado por varias instituciones desde varios años atrás. Sin embargo, en la actualidad se encuentran contaminantes emergentes como los micro y nano-plásticos, los productos químicos industriales y domésticos, así como las sustancias farmacéuticas como antibióticos parcialmente metabolizados y excretados en las aguas negras pobremente tratadas.

Estudios recientes muestran que los microplásticos (definidos como partículas de plástico de un tamaño  $\geq 5$  mm) son un contaminante capaz de acumularse y entrar fácilmente a la cadena trófica (Talvitie et al., 2017), llegando incluso a tener efectos en el metabolismo de peces (Ding et al., 2018; Oliveira et al., 2013). Esto se ha estudiado principalmente en ecosistemas marinos, siendo necesario mayores esfuerzos en los sistemas epicontinentales para comprender la amenaza que representan (Eerkes-Medrano et al., 2015).

El Lago Titicaca no está exento de esta contaminación humana, registrándose microplásticos tanto en la columna de agua como en el agua superficial, siendo más abundante en esta última. Además, se encontraron restos de microplásticos en el contenido estomacal de carachis (*O. luteus*) y el pejerrey (Paredes Zavala et al., 2019). Estos hallazgos denotan la necesidad de considerar a estos plásticos dentro de la evaluación de la calidad del agua, así como concertar esfuerzo en investigación y legislación para comprender las amenazas que puede tener en el ecosistema, además de ampliar su estudio al resto de ecosistemas acuáticos del TDPS.

Del mismo modo, la presencia de contaminantes farmacéuticos es un problema emergente que se está estudiando en distintos ecosistemas a nivel mundial. La evaluación realizada por parte Duwig et al., (2014), y Archundia et al., (2017, 2019) a la cuenca del río Katari en el Lago Menor del Titicaca, denotan la presencia de antibióticos como la Sulfatomexazol (SMX) en muy altas concentraciones, incluso mucho mayores a las encontradas en ríos como el Siena (Francia) y el Mekong (Vietnam), con ciudades mucho más grandes que El Alto. Este antibiótico es frecuentemente encontrado en ambientes acuáticos y terrestres, por lo que su presencia puede promover una resistencia bacteriana, además de alterar la biodiversidad bacteriana natural del suelo y el agua. Esta

modificación a la microbiota natural podría tener consecuencias en la dinámica biogeoquímica del agua, aunque aún se desconocen los efectos que podrían tener en la salud de las poblaciones de peces nativos.

Por último, una de las amenazas constantes y permanentes que sufre no solo el Sistema TDPS, sino también los Andes tropicales en general, es el cambio climático. Debido a la situación geográfica del Sistema TDPS, se encuentra en una región de alta sensibilidad, donde ya se están experimentando cambios visibles (Herzog et al., 2011). La temperatura en Bolivia subió en los últimos 25 años entre un 0.8 a 0.34 grados centígrados, y se tiene previsto un incremento de hasta 2°C hasta el 2030 para el Altiplano (Naciones Unidas en Bolivia, 2013). Las especies más vulnerables al cambio climático son aquellas con un hábitat muy especializado, tolerancia ambiental estrecha o que dependen de recursos ambientales o interacciones inter-específicas que se desestabilizan por dichos cambios. La disminución de la disponibilidad de agua y el incremento de las temperaturas también traerán una serie de efectos negativos a la biodiversidad (Herzog et al., 2011). Por ejemplo, las *Orestias*, al no tener un gran desplazamiento en su hábitat, son peces sensibles al desecamiento, como se puede evidenciar en el Lago Poopó, que ha declinado sus poblaciones debido a la drástica reducción de su superficie durante los últimos 25 años (Carafa Rada et al., 2016). El efecto del cambio climático en las *Orestias* no necesariamente vendrá de un efecto directo de las temperaturas sobre la fisiología de estos peces, sino sobre alteraciones a la red trófica (i.e. blooms algales, proliferación de macrófitas superficiales), que pueden derivar en alteraciones ambientales como la reducción repentina de la concentración de oxígeno en el agua. Eventos de este tipo se han evidenciado en 2013 en la Bahía de Puno y 2015 en el Lago Menor del Titicaca (Molina et al., 2017; Achá et al., 2018; Lazzaro, 2018).

#### *Categorización de las Orestias a nivel nacional e internacional*

Como menciona el anterior acápite, las *Orestias* están altamente afectadas por las distintas amenazas descritas, haciendo que muchas de las 45 especies reconocidas en la *FISHBASE* (Froese & Pauly, 2019) se encuentren en alguna categoría de amenaza (Tabla 1.2). El umanto (*O. cuvieri*) ya se reconoce como una especie extinta (Van Damme et al., 2009), aunque según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) esta especie tiene datos insuficientes (DD) como para declararla extinta, pese a que su último registro data de 1937. *O. pentlandii* es la única especie en Peligro Crítico, y *O. albus* se encuentra En Peligro, al igual que *O. polonorum*. Gran parte de las especies del género que habitan en el Sistema TDPS están consideradas como Vulnerables (i.e. *Orestias agassizii*, *O. crawfordi*, *O. forgeti*, *O. gilsoni*, *O. imarpre*, *O. luteus*, *O. tomcooni* y otros). En cambio, *O. ispi* está categorizada como Casi Amenazada (Van Damme et al., 2009).

**Tabla 1.2.** Lista de especies con algún grado de amenaza en el “Libro Rojo de la Fauna de Vertebrados de Bolivia, 2009” (LRFVB); y la “Lista Roja” de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Categorías: Extinta (EX), amenazada (CR, EN, VU), casi amenazada (NT) y especie con datos insuficientes (DD).

Espece	Autor	Clasificación nacional boliviana-LRFVB (MMAyA, 2009)†	Clasificación internacional (UICN)
<i>Orestias agassizii</i>	Valenciennes, 1846	VU	
<i>Orestias albus</i>	Valenciennes, 1846	EN	

<i>Orestias ascotanensis</i> *	Parenti, 1984	--	
<i>Orestias chungarensis</i> *	Vila & Pinto, 1987	--	VU
<i>Orestias crawfordi</i>	Tchernavin, 1944	VU	
<i>Orestias ctenolepis</i>	Parenti, 1984		VU
<i>Orestias cuvieri</i>	Valenciennes, 1846	EX	DD
<i>Orestias elegans</i> *	Garman, 1895	--	
<i>Orestias empyraeus</i> *	Allen, 1942	--	NT
<i>Orestias forgeti</i>	Lauzanne, 1981	VU	
<i>Orestias frontosus</i>	Cope, 1876		
<i>Orestias gilsoni</i>	Tchernavin, 1944	VU	
<i>Orestias gloriae</i> *	Vila, Scott, Mendez, Valenzuela, Iturra & Poulin, 2012	--	
<i>Orestias gracilis</i>	Parenti, 1984	VU	
<i>Orestias gymnota</i> *	Parenti, 1984	--	EN
<i>Orestias hardini</i> *	Parenti, 1984	--	
<i>Orestias imarpe</i>	Parenti, 1984	VU	
<i>Orestias incae</i>	Garman, 1895	VU	
<i>Orestias ispi</i>	Lauzanne, 1981	NT	
<i>Orestias jussiei</i> *	Valenciennes, 1846	--	
<i>Orestias lastarriae</i> *	Philippi, 1876	--	
<i>Orestias laucaensis</i> *	Arratia, 1982	NT	LR/NT
<i>Orestias luteus</i>	Valenciennes, 1846	VU	
<i>Orestias minimus</i>	Tchernavin, 1944	VU	
<i>Orestias minutus</i>	Tchernavin, 1944	VU	
<i>Orestias mooni</i>	Tchernavin, 1944	VU	
<i>Orestias mulleri</i>	Valenciennes, 1846	VU	
<i>Orestias multiporis</i>	Parenti, 1984		
<i>Orestias mundus</i>	Parenti, 1984		
<i>Orestias olivaceus</i>	Garman, 1895		VU
<i>Orestias parinacotensis</i> *	Arratia, 1982		DD
<i>Orestias pentlandii</i>	Valenciennes, 1846	CR	VU
<i>Orestias piacotensis</i> *	Vila, 2006		
<i>Orestias polonorum</i>	Tchernavin, 1944		EN
<i>Orestias puni</i>	Tchernavin, 1944		
<i>Orestias richersoni</i>	Parenti, 1984		
<i>Orestias robustus</i>	Parenti, 1984	VU	
<i>Orestias silustani</i>	Allen, 1942		VU
<i>Orestias taquiri</i>	Tchernavin, 1944	VU	
<i>Orestias tchernavini</i>	Lauzanne, 1981	VU	
<i>Orestias tomcooni</i>	Parenti, 1984	VU	
<i>Orestias tschudii</i>	Castelnau, 1855		
<i>Orestias tutini</i>	Tchernavin, 1944	VU	
<i>Orestias uruni</i>	Tchernavin, 1944	VU	
<i>Orestias ututo</i>	Parenti, 1984		

\* Fuera del Sistema TDPS

**EX**=Extinta; **CR**=Peligro Crítico; **EN**=En Peligro; **VU**= Vulnerable; **LR**=Riesgo menor; **NT**=Casi amenazada; **DD**=Datos deficientes.

† Solamente se considera la clasificación nacional boliviana, debido a que el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú" (SERFOR, 2018), no cuenta con un capítulo dedicado a los peces continentales de su territorio.



La categorización de amenaza propuesta por el MMAyA (2009) aplica el método MEGA (Método de Evaluación del Grado de Amenaza para Especies de Bolivia; Aguirre et al., 2009), el cual considera diversas metodologías latinoamericanas como el Método de Evaluación de Riesgo (MER), y el índice de Prioridades de Conservación (SUMIN). No obstante, esta es subjetiva y no implica que la UICN reconozca los resultados de manera oficial, por lo que su valor es solo a nivel Bolivia. Esta situación denota la necesidad de una discusión conjunta entre ambos países sobre la estandarización de métodos de evaluación y de monitoreo biológico en el sistema binacional.

Por otra parte, es necesario resaltar también que esta categorización fue establecida hace más de diez años, por lo que no considera la clasificación de *Orestias* propuestas en base a datos genéticos descrita con anterioridad (Sostoa A. et al., 2010; Garrigos et al., 2013; Takahashi & Moreno, 2015), siendo necesaria una discusión por un panel de expertos tanto peruanos como bolivianos en base a esta nueva evidencia.

Informe preliminar de la Evaluación del estado de conservación y diagnóstico de las especies del género *Orestias* en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru

El Sistema TDPS alberga una biodiversidad única, que se ha desarrollado en las extremas condiciones dadas por su ubicación geográfica (14°-20° S y 67°-71° W) y altitudinal (3653-6452 m), con condiciones naturales extremas (i.e., baja concentración de oxígeno, alta radiación solar, aridez extrema, muy bajas temperaturas, y cuerpos de agua y suelos con alta concentración de sales y minerales que se incrementa de norte a sur).

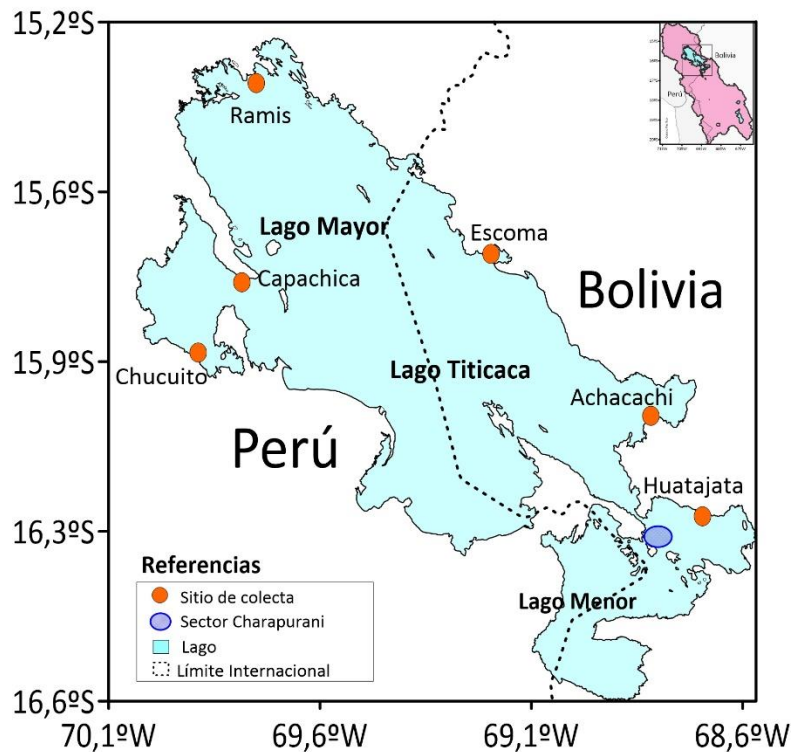
La ictiofauna de este sistema es única en el mundo, y está representada por los géneros nativos *Trichomycterus* (Familia Trichomycteridae) y *Orestias* (Familia Cyprinodontidae). Esta última cuenta con 45 especies descritas, de las cuales más de 30 se describieron para el Lago Titicaca, siendo este el lago con mayor diversidad, aunque el número real de especies se encuentra aún en debate (Ibañez et al., 2014). Los lagos Uru Uru y Poopó también albergan a dos especies de *Orestias* (*O. agassizii* y *O. luteus*) que además tienen un gran valor cultural y tradicional en la región. Las *Orestias* están amenazados por presiones naturales y antropogénicas (ver acápite anterior), y hay evidentes síntomas de un deterioro de las poblaciones de peces nativos en varias áreas del sistema. Por lo que el presente acápite brinda información actualizada sobre aspectos poblaciones de especies de *Orestias* de los Lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó del Sistema TDPS, con fundamento en una serie de muestreos realizados durante el 2020.

Es necesario mencionar que este trabajo no contempla un ciclo hidrológico completo, teniendo resultados de una sola salida de campo a cada lago, por lo que las conclusiones realizadas son limitadas. Además, que, debido a la situación pandémica sufrida durante el año 2020, las colectas no pudieron ser realizadas bajo un seguimiento estricto de la metodología establecida en el Producto 2 de la presente consultoría, siendo necesaria la compra directa de las muestras a pescadores locales, y no así en los mercados, como estaba planificado (para mayor detalle ver sección *Muestreo de Orestias*). De igual manera, el trabajo se ha visto aún más limitados por las restricciones a la libre circulación de las personas, cierre de instituciones y cierre de fronteras entre Perú y Bolivia. No obstante, gracias al apoyo del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y a la Institución Pública Desconcentrada de Pesca y Acuicultura (IPD-PACU, Bolivia) se pudieron realizar las colectas en los respectivos lagos.

## Métodos

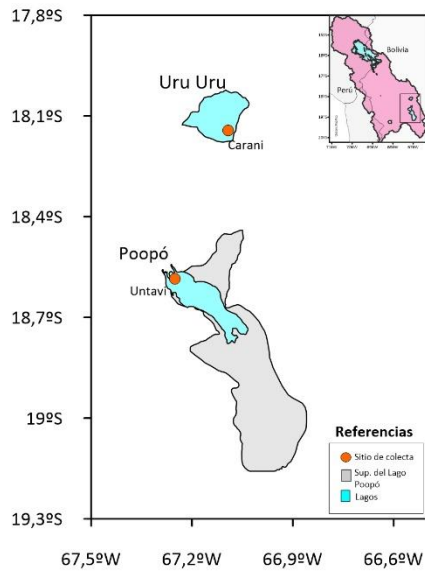
### Área de estudio

Las colectas para el presente estudio fueron realizadas en el Lago Mayor del Titicaca, en las zonas de Escoma (Villa Puni, Pucara y Ojchi) y golfo de Achacachi (Confuri y Toke Pucuro) en Bolivia, y de Chucuito (Barco, Karana y Cusipata), Capachica (Capano, Llachon y Yapura) y Ramis (Callejón Ramis) en Perú, a través del apoyo de IMARPE-Puno. Para el Lago Menor se colectaron muestras en la zona de Huatajata – Jankoamaya en Bolivia. Sin embargo, la actividad pesquera en esta subcuenca se desarrolla principalmente en la zona denominada Charapurani, cercana a las Islas centrales, por lo que todas las muestras provinieron de ese sector (Figura 1.5). No se realizaron muestreos en la Península de Taraco debido a limitaciones logísticas, ya que, debido a la carencia de peces, muchos de los pobladores cambiaron de rubro y se dedican al comercio y transporte interprovincial (*con pers. Bernardo Apaza*, poblador de Coacollo), siendo una limitante el encontrar pescador en la Península.



**Figura 1.5.** Sitios de colecta en el Lago Titicaca.

De igual manera se realizaron colectas en el Lago Poopó (Untavi) y Uru Uru (Carani) a través de las asociaciones de pescadores locales, con el apoyo del IPD-PACU (Figura 1.6). Sin embargo, debido a que la colecta se realizó a finales del mes de septiembre, no se obtuvieron muestras de *Orestias* para el Lago Uru Uru, ya que durante esta época las *Orestias* se alejan de las zonas de pesca debido al ingreso del pejerrey (*con pers* Gregorio Kallisaya, pescador de Machacamarca, Oruro). Además, que a partir de este periodo las asociaciones de pescadores entran en un periodo de veda, por lo que abandonan la actividad hasta el mes de marzo-abril del siguiente año.



**Figura 1.6.** Sitios de colecta en los lagos Uru Uru y Poopó.

#### *Muestreo de Orestias*

En cada zona mencionada para el Lago Titicaca se contactó a pescadores de las comunidades aledañas, y se realizó un muestreo de biológico y biométrico pesquero. Esto consistió en el pesaje de la totalidad de la pesca y una posterior compra de una muestra seleccionada al azar que contenga la mayor diversidad posible de especies de *Orestias*. La muestra fue tomada con una bandeja de un volumen de 2 L, la cual correspondió a nuestra Unidad Básica de Muestreo (UBM). Se procuró contar con 3 UBM por pescador cuando fue posible. Sin embargo, debido a la poca abundancia de *Orestias* en varios sitios, se tuvo que incrementar el número de pescadores contactados para alcanzar al menos a las 3UBM por zona, principalmente en el sector peruano del Lago Titicaca. En todos los casos, las artes de pesca correspondieron a pesca artesanal con redes agalleras de monofilamento con un número y características de malla diversa (ver Tabla 1.3 en la siguiente sección; los pasos realizados durante el muestreo de campo y laboratorio pueden observarse en la Figura 1.7).



**Figura 1.7.** Diagrama de flujo del trabajo realizado. 1: Pesaje de la pesca total del pescador, 2: selección de una muestra (UBM), 3: Toma de datos de observación en campo y traslado al laboratorio, 4: análisis biométrico de las muestras, 5. Obtención de bases y análisis de datos.

Para el Lago Poopó se trabajó directamente con tres pescadores, apoyados por el IPD-PACU, de los que se compró solamente un 80% de la pesca total de *Orestias*, debido a que el resto se encontraba ya en proceso de degradación. En el caso del Lago Uru Uru, de igual manera se trabajó con el apoyo del IPD-PACU y la asociación de pescadores de Machacamarca. Sin embargo, debido a la época se pudo coleccionar solamente un individuo.

Con la finalidad de complementar la información para este estudio se utilizaron las bases de datos pertenecientes a los proyectos “Dieta de *Orestias* de Toke Pucuro” (Loayza, 2019), para el Lago Titicaca, y “Por una acuicultura más saludable en el Lago Titicaca” (IE-UMSA & UGhent, 2020) para el Lago Uru Uru.

*Estimación de la distribución, riqueza específica, abundancia relativa y diversidad de Orestias*

La distribución de las *Orestias* se evaluó a partir de la presencia de esos peces en las redes de los pescadores con los que se trabajó, y la riqueza específica se calculó como el total de especies encontradas en cada zona de muestreo.

Para la estimación de la abundancia relativa, primero fue necesario calcular la pesca en número. Esto se estimó bajo el supuesto de que el peso promedio de los individuos en la muestra es igual al peso promedio de los individuos en la pesca (Cubillos, 2005), y se calculó el cociente entre el peso de la pesca y el peso promedio de los individuos en la muestra:

$$C_i = Y_i / W_i$$

Dónde:  $C$  = captura en número de la población  $i$ ,  $Y$  = peso de la pesca de la población  $i$  y  $W$  = peso promedio de los individuos presentes en la muestra de la población  $i$ .

Posteriormente se estimó el número de individuos en la pesca total mediante una relación entre el número de individuos evaluados por el cociente del peso total de la población  $i$ , sobre el peso de la pesca total. Una vez obtenido el número de peces en la pesca en la pesca total de la población  $i$  se estimó la abundancia relativa a partir de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE):

$$CPUE = C_j / E$$

Dónde:  $CPUE$  = Captura por unidad de esfuerzo, que es una cantidad proporcional a la abundancia promedio,  $C$  = captura en número de la población  $j$ ,  $E$  = Esfuerzo de pesca (1000 m<sup>2</sup>\*24h).

La abundancia de peces es difícil de medir directamente, por lo que índices como la CPUE son utilizados ampliamente. Sin embargo, el CPUE solamente es un buen indicador de abundancia cuando se han corregido los problemas asociados a los diversas artes de pesca (i.e. características de las embarcaciones, y aparejos de pesca) y el esfuerzo de pesca se encuentra estandarizado (Cubillos, 2005). Si bien esta estandarización no se ha realizado para las embarcaciones utilizadas en los lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó, toda la información respecto al esfuerzo de pesca (i.e. número de mallas, dimensiones y horas de pesca) fue tomada directamente con los pescadores (Tabla 1.3), obteniendo una estimación aproximada del esfuerzo aplicado a la actividad. Para el análisis de la información se asumirá una distribución homogénea de los peces en los sitios de pesca.

**Tabla 1.3.** Resumen de los datos de campo obtenidos por zona de muestreo en los Lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó.

Lago	Zona	No. De UBMs	No. De mallas utilizadas (Largo promedio*alto promedio; y amplitud de malla)	Tiempo total de pesca (h)	Peso total de la pesca (kg)	Peso Total de las UBM (kg)
Titicaca	Escoma (BO)	6	58 (100 m * 1 m; 36 y 48mm)	120	19.5	10.4
	Achacachi (BO)*	5	21 (100 m * 1 m; 41 y 48 mm)	120	9.5	6.0
	Chucuito (PE)	8	87 (166 m * 1.2 m; 36, 48 y 54 )	120	18.1	12.7
	Capachica (PE)	6	73 (120 m * 1.15 m; 13, 38, 41, 45, 48 y 64 mm)	240	32.5	7.5

	Ramis (PE)	3	70 (156*1.3 m; 48, 51 y 57 mm)	42	3.5	3.5
	Huatajata-Janko Amaya (BO)	9	102 (100 m *0.8, 45 y 48mm)	192	18.8	11.5
Uru Uru	Carani (BO)*	--	--	--	--	--
Poopó	Untani (BO)	7	5 (100 m *0.5 m, 20 y 15 mm)	96	11.7	8.2

\*Muestreo posteriormente complementado con bases de datos de otros proyectos.

La diversidad de *Orestias* para cada zona se estableció con el índice inverso de Simpson (1-D):

$$D = \sum (ni/N)^2$$

Dónde: D= índice de Simpson, n= número total de organismos de una especie *i* y N=número total de organismos de todas las especies.

Si bien, la evaluación de diversidad a través de la compra de muestras puede presentar sesgos durante la estimación, esta resulta una herramienta adecuada para evitar una presión innecesaria sobre especies con categorías de amenaza, como es el caso del género *Orestias* (Van Damme 2009).

#### *Análisis biométricos y biológicos*

Los ejemplares colectados fueron fijados en alcohol al 96% y posteriormente trasladados al laboratorio donde se identificaron mediante el uso de las claves taxonómicas de Parenti (1984), y Lauzanne (1982). Posteriormente se midió la longitud total (LT mm) medido con un calibrador digital Vernier de 150 mm (CD-20CP, Mitutoyo, Japón) con una precisión de 0,01 mm, y el peso en gramos (g) con una báscula digital con una precisión de 0,01 g (GMBH, Sartorius, Alemania). Finalmente, los ejemplares fueron diseccionados para la identificación del sexo y el estadio de madurez sexual mediante un examen macroscópico, utilizando la escala de Bagenal et al., (1978). Cuando el número de ejemplares de una misma especie presente en la UBM era muy elevado ( $\geq 200$ ) se seleccionó una submuestra de aproximadamente 100 individuos para realizar la disección.

La escala utilizada considera 3 estadios para machos (Figura 1.8). Siendo el **estadio I**, un estadio inicial en edad previo a la reproducción, o también denominado virginal. Morfológicamente es una estructura delgada muy fina localizada sobre el tracto intestinal y la vejiga natatoria. Su textura es harinosa de un color blanquecino. El **estadio II** es un saco de textura harinosa de mayor volumen. El **estadio III** ya es una estructura de gran volumen con una textura delicada. Posterior a la reproducción el estadio III retorna a un estadio II. El estadio I solamente se presenta en estadios juveniles.



**Figura 1.8.** De izquierda a derecha: Estadio I, estadio II y estadio III (los últimos dos de la derecha).

En el caso de las hembras, la escala va de I a V. El **estadio I**, es un estadio inicial previo a la reproducción, donde las gónadas son apenas un saco poco distinguible. El **estadio II** ya es un saco más visible (Figura 1.9) de tamaño variable dependiendo la talla del ejemplar. En el **estadio III** la gónada ya es una estructura más desarrollada, aunque sin la presencia clara de ovas o con muy pocas ovas. El tamaño puede ser variante dependiendo la talla del pez y el desarrollo de la gónada (Figura 1.10).



**Figura 1.9.** Estadio II (hembras)



**Figura 1.10.** Estadio III (hembras)

El **estadio IV** ya muestra un saco bien desarrollado en tamaño y forma, con una proporción de ovas menor al 60 a 70% (Figura 1.11). El **estadio V** ya corresponde a una hembra desovante con un saco bien desarrollado y lleno de ovas (Figura 1.12). Cuando una hembra ha desovado las gónadas vuelven a un estadio III, por lo que cuando el pez es de una talla mediana a grande y tiene un estadio III es probable que ya haya desovado con anterioridad.



**Figura 1.11.** Estadio IV (hembras)



**Figura 1.12.** Estadio V (hembras)

Se utilizó el análisis de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) con corrección de Yates (Yates, 1984) para comprobar las diferencias significativas entre la proporción de sexos de cada especie por zona de pesca.

Adicionalmente se evaluó la estructura de las poblaciones de las seis especies más representativas para el Lago Titicaca, así como las especies presentes en los lagos Uru Uru y Poopó. De igual manera se determinó la relación longitud-peso en base a la regresión de tipo potencial ( $\text{Peso} = a \cdot \text{LT}^b$ ) ajustada a la regresión lineal logarítmica:

$$\text{Log Peso} = \log(a) + b \log(\text{LT})$$

Donde  $a$  = intercepto con el eje de las coordenadas, y  $b$  la pendiente de la recta.

A través de los datos de talla y peso fue que también se estimó el factor de condición de las poblaciones de *Orestias* con el factor de condición de Fulton ( $K$ ) (Froese, 2006).

$$K = \text{Peso} / \text{LT}^3 * 100000$$

Este factor asume que la forma de los peces no cambia con el tamaño (es decir, presentan un crecimiento isométrico). Este factor es ampliamente utilizado en biología pesquera, pues permite dar una evaluación rápida de la condición de una población que no cuente con un estudio empírico para la determinación del crecimiento. No obstante, no puede ser usado para comparar especies, ya que el supuesto de crecimiento isométrico debe ser probado en cada estrato de intervalo de longitud (Blackwell et al., 2000).

Todos los análisis se realizaron en el programa RStudio, versión 1.1.453 (RStudio Team, 2016) con la versión R 3.4.0 (R Core Team, 2018), utilizando los paquetes vegan (Oksanen et al., 2018), BiodiversityR (Kindt & Coe, 2005) y FSA (Ogle, 2018).



## Resultados

### Estimación de la distribución, riqueza específica, abundancia relativa y diversidad de *Orestias*

En total se registraron siete especies, dos a confirmar y un grupo reducido de ejemplares no se pudieron identificar (Tabla 1.4). De todas las especies registradas durante las colectas, fueron *O. agassizii* y *O. luteus* las de mayor distribución, siendo esta última la única especie presente en todas las zonas de colecta. De igual manera, todas las especies registradas se encuentran con alguna categoría de amenaza, siendo las *Vulnerables* las especies más frecuentes.

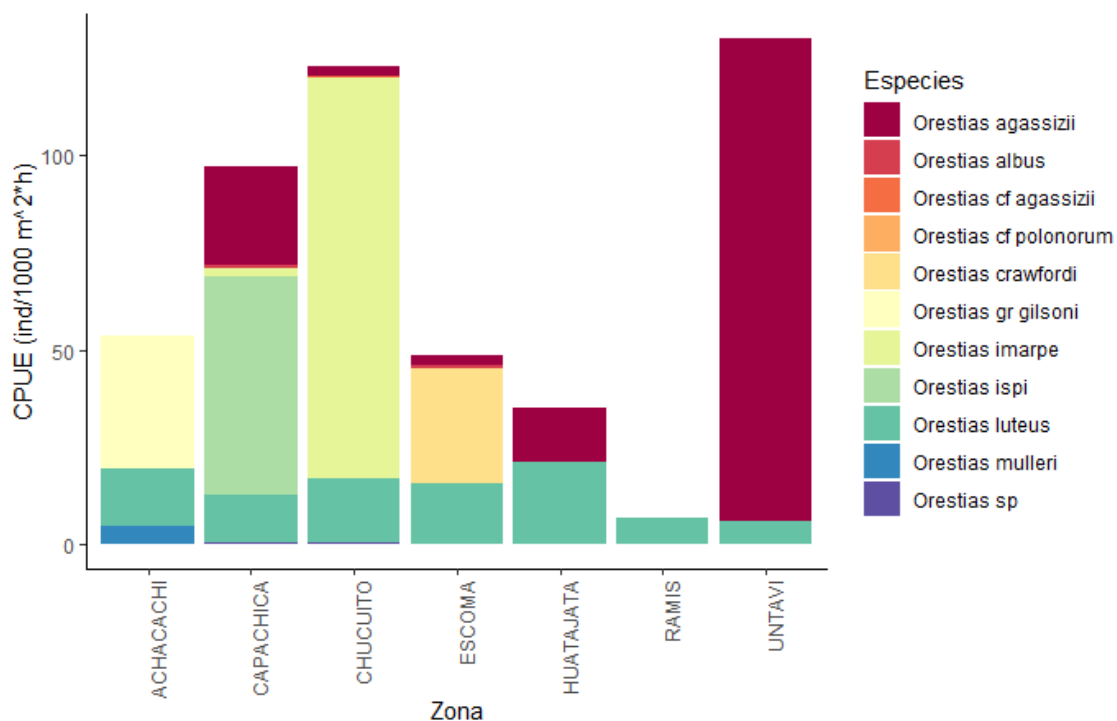
**Tabla 1.4.** Especies registradas en los lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó (Anexo 1)

Nombre científico	Nombre común	Distribución			Clasificación nacional boliviana-LRFVB (MMAyA, 2009)	Clasificación internacional (UICN)
		Titicaca	Uru Uru (Carani)	Poopó (Untavi)		
<i>Orestias agassizii</i>	Carachi negro	Capachica, Escoma y Huatajata	X	X	VU	
<i>Orestias albus</i>	Carachi amarillo	Escoma, Chucuito y Capachica			EN	
<i>Orestias crawfordi</i>	---	Escoma y Puno			VU	
<i>Orestias imarpe</i>	Picachu	Puno y Capachica			VU	
<i>Orestias ispi</i>	Ispi	Capachica			NT	
<i>Orestias luteus</i>	Carachi amarillo	Capachica, Chucuito, Escoma, Ramis y Huatajata	X	X	VU	
<i>Orestias mulleri*</i>	Carachi gringuito	Achacachi			VU	
<i>Orestias cf. agassizii</i>	Carachi negro	Chucuito			VU	
<i>Orestias cf. Polonorum</i>	Carachi negro?	Capachica				EN
<i>Orestias gr gilsoni*</i>	Enanito /q'esi	Achacachi			VU	
<i>Orestias sp</i>		Chucuito y Capachica				

\*Muestras provenientes de la base de datos de Loayza (2019).

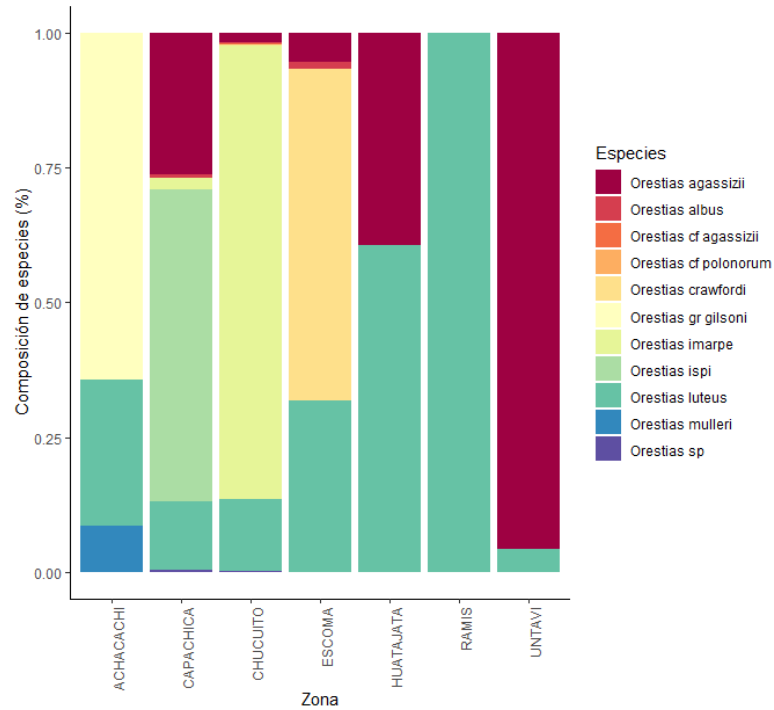
Las poblaciones de *Orestias* evaluadas mostraron una gran variación tanto en la abundancia como en la composición de la comunidad en las distintas zonas evaluadas (Figura 1.13 y Figura 1.14). La CPUE muestra una abundancia mayor de *O. agassizii* en la zona de Untavi, en el Lago Poopó (CPUE = 125 ind/1000m<sup>2</sup>\*h, 96% de la composición). Mientras que para el Lago Titicaca se observó que cada zona presentaba una especie abundante distinta. Por ejemplo, en Chuito (Lago Mayor) la especie más abundante fue *O. imarpe* (CPUE = 103 ind/1000m<sup>2</sup>\*h, 84% de la composición) y en

Capachica *O. ispi* (CPUE = 56 ind/1000m<sup>2</sup>\*h, 58% de la composición; Figura 1.13), las cuales dominaron la composición de la comunidad (Figura 1.14). La zona de Ramis en Perú fue la de menor abundancia de *Orestias* (CPUE = 7 ind/1000m<sup>2</sup>\*h), seguida de Huatajata en el Lago Menor, donde solo se colectaron a *O. agassizii* (CPUE = 14 ind/1000m<sup>2</sup>\*h) y *O. luteus* (CPUE = 21 ind/1000m<sup>2</sup>\*h).

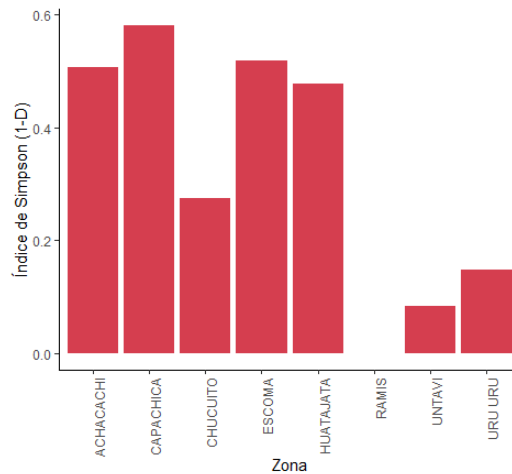


**Figura. 1.13.** Abundancia relativa de especies de *Orestias* en distintas zonas de los principales lagos del TDPS en base al CPUE (ind/1000m<sup>2</sup>\*h). Lago Titicaca-Lago Mayor: Achacachi, Capachica, Chucuito, Escoma y Ramis; Lago Titicaca-Lago Menor: Huatajata; Lago Poopó = Untavi. No se muestran datos del Lago Uru Uru debido a que no se pudo cuantificar el CPUE en este lago por la ausencia de peces.

La diversidad existente en el Lago Titicaca es mayor en zonas al norte del Lago Mayor, como Escoma, y Achacachi, siendo Capachica la de mayor diversidad (Figura 1.15). No obstante, y contradictoriamente, en la zona de Ramis al norte del Lago Mayor solo colectó una especie. De manera general, la diversidad encontrada en los lagos del TDPS fue baja.



**Figura. 1.14.** Abundancia relativa (%) de especies de *Orestias* en distintas zonas de los principales lagos del TDPS en base al CPUE (ind/1000m<sup>2</sup> h). Lago Titicaca-Lago Mayor: Achacachi, Capachica, Chucuito, Escoma y Ramis; Lago Titicaca-Lago Menor: Huatajata; Lago Poopó = Untavi. No se muestran datos del Lago Uru Uru debido a que no se pudo cuantificar el CPUE en este lago por la ausencia de peces.



**Figura. 1.15.** Diversidad (índice de Simpson) de *Orestias* en distintas zonas de los principales lagos del TDPS. Lago Titicaca-Lago Mayor: Achacachi, Capachica, Chucuito, Escoma y Ramis; Lago Titicaca-Lago Menor: Huatajata; Lago Poopó = Untavi, y Uru Uru.

*Aspectos biológicos de las poblaciones de Orestias de los lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó*

En total se colectaron 4396 ejemplares, de los cuales el 90% provino del Lago Titicaca y un 9.99% del Lago Poopó. Para complementar la información faltante para el Lago Uru Uru, se incorporó la base de datos de *Orestias* colectados en este lago durante el año 2019 con el proyecto “*Por una acuicultura más sostenible en el Lago Titicaca*” (IE-UGhent, 2019). De la misma manera, para complementar la información en Achacachi se incorporaron datos de *O. mulleri* y *Orestias gr gilsoni* provenientes de la investigación de Loayza (2019), teniendo como resultado un total de 4716 ejemplares colectados y 2535 ejemplares evaluados (Tabla 1.5).

La proporción general entre machos y hembras de *Orestias* fue similar para las poblaciones de *O. luteus* de Achacachi, Escoma, Ramis y Huatajata ( $p>0,05$ ) en el Lago Titicaca, y Untavi en el Lago Poopó. El mismo patrón se observó para las poblaciones de *O. agassizii* para las poblaciones de Chuicuito y Huatajata, al igual que *O. imarpe* en Capachica en el Lago Titicaca (Tabla 1.5).

**Tabla 1.5.** Medidas resumen de los aspectos biológicos de las poblaciones de *Orestias evaluadas*.

Lago	Zona	Especies	n (N=4716)	LT (mm) ± D.E.	Peso ± D.E.	Hembra (%)	Macho (%)	Indt. (%)	(χ <sup>2</sup> )	
Titicaca	Achacachi	<i>Orestias gr gilsoni</i> *	261	61,12 ± 8,84	3,86 ± 1,95	91.2	6.9	1.9	186.37**	
		<i>Orestias luteus</i>	110	126,81 ± 6,71	52,06 ± 8,84	55.5	44.5	0.0	1.10	
		<i>Orestias mulleri</i> *	35	90,37 ± 9,74	12,39 ± 4,49	76.5	23.5	0.0	8.5**	
	Capachica	<i>Orestias agassizii</i>	286	91,59 ± 13,22	10,99 ± 6,03	92.0	7.0	1.0	206.94**	
		<i>Orestias albus</i>	7	112,24 ± 12,94	36,59 ± 14,88	57.1	42.9	0.0	---	
		<i>Orestias cf polonorum</i>	1	92,53 ± 0,00	11,10 ± 0,00	100.0	0.0	0.0	---	
		<i>Orestias imarpe</i>	24	51,38 ± 3,94	1,48 ± 0,24	60.9	39.1	0.0	0.70	
		<i>Orestias ispi</i>	630	59,18 ± 4,60	1,56 ± 0,33	84.2	14.9	1.0	47.61**	
		<i>Orestias luteus</i>	140	96,11 ± 23,64	24,39 ± 21,58	63.6	27.9	8.6	18.76**	
		<i>Orestias sp</i>	3	49,98 ± 6,44	1,56 ± 0,71	100.0	0.0	0.0	---	
		Chuicuito	<i>Orestias agassizii</i>	36	117,79 ± 19,27	27,68 ± 14,02	66.7	33.3	0.0	3.36
			<i>Orestias albus</i>	4	108,77 ± 9,16	26,76 ± 9,27	50.0	25.0	25.0	---
			<i>Orestias cf agassizii</i>	6	111,87 ± 14,79	28,27 ± 8,57	83.3	0.0	16.7	---
			<i>Orestias crawfordi</i>	1	93,22 ± 0,00	18,37 ± 0,00	100.0	0.0	0.0	---
<i>Orestias imarpe</i>	1734		47,38 ± 2,82	1,51 ± 0,25	100.0	0.0	0.0	---		
<i>Orestias luteus</i>	275		107,95 ± 13,03	31,70 ± 14,50	66.3	26.7	7.0	45.07**		
<i>Orestias sp</i>	5		48,85 ± 4,49	1,70 ± 0,36	100.0	0.0	0.0	---		

Escoma		<i>Orestias agassizii</i>	17	119,15 ± 17,08	25,88 ± 11,55	76.5	17.6	5.9	5.06**
		<i>Orestias albus</i>	4	134,57 ± 6,18	55,39 ± 11,90	75.0	25.0	0.0	---
		<i>Orestias crawfordi</i>	191	79,50 ± 5,25	8,42 ± 2,05	95.8	1.1	3.2	174.14**
		<i>Orestias luteus</i>	99	122,02 ± 12,21	44,43 ± 14,34	58.6	39.4	2.0	3.34
Ramis		<i>Orestias luteus</i>	56	127,01 ± 7,69	51,91 ± 9,99	44.6	53.6	1.8	0.65
Huatajata		<i>Orestias agassizii</i>	129	126,94 ± 13,00	31,63 ± 9,12	53.5	43.4	3.1	1.15
		<i>Orestias luteus</i>	199	111,28 ± 9,27	33,17 ± 9,66	57.3	38.7	4.0	6.79**
Poopó	Untavi	<i>Orestias agassizii</i>	419	107,02 ± 8,32	19,09 ± 4,45	95.7	3.8	0.5	349.94**
		<i>Orestias luteus</i>	19	81,39 ± 6,47	10,14 ± 2,50	42.1	52.6	5.3	0.5
Uru	Carani	<i>Orestias agassizii*</i>	2	140,49 ± 10,24	63,74 ± 2,98	50.0	0.0	50.0	---
Uru		<i>Orestias luteus*</i>	23	124,02 ± 6,47	55,15 ± 9,50	56.5	0.0	43.5	

\* Información complementada con bases de datos de otros proyectos.

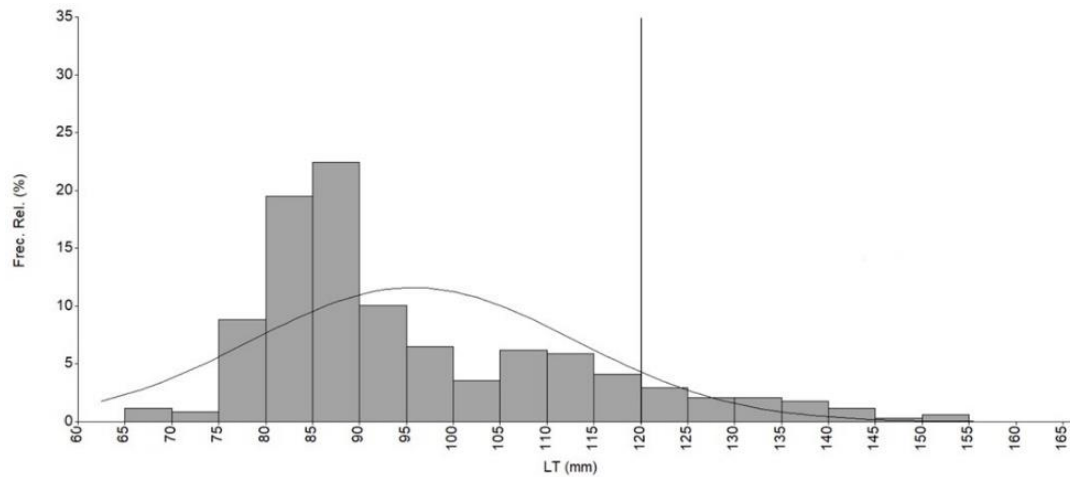
\*\*  $p < 0.05$ ; ( $p_{(0.05, 1)} = 3.84$ )

A continuación, se describirán aspectos biológicos de las seis especies más abundantes (*O. agassizii*, *O. crawfordi*, *O. imarpe*, *O. ispi*, *Orestias gr gilsoni* y *O. luteus*), según los resultados obtenidos en el presente estudio. Para una mejor interpretación se agruparon las poblaciones por subcuenca en: Lago Mayor del Titicaca (Achacachi, Capachica, Chucuito, Escoma y Ramis); Lago Menor (Huatajata), Lago Poopó (Untavi) y Uru Uru (Carani).

### *Orestias agassizii*

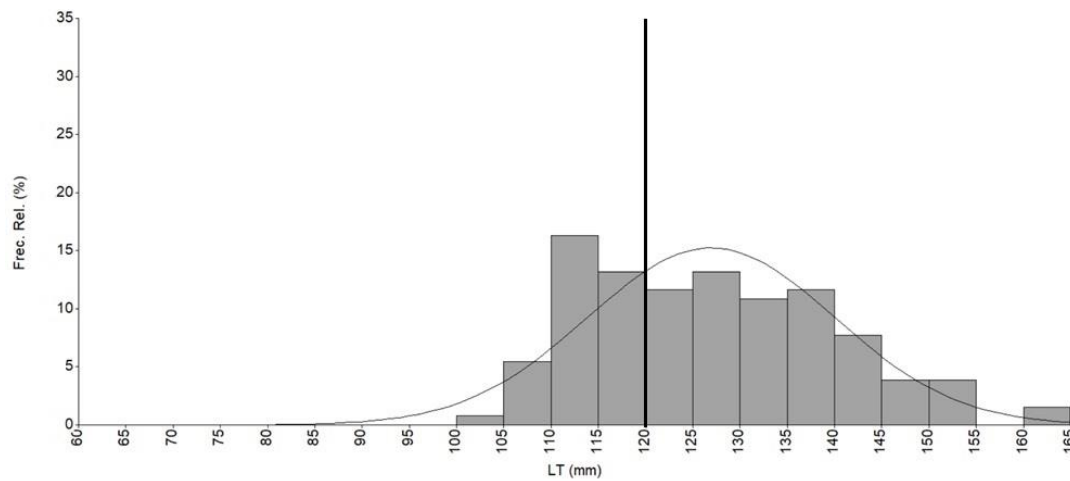
#### *Composición de tallas y madurez sexual*

En total se analizaron 888 ejemplares de esta especie, cuyo rango de talla oscilaba entre los 66 – 164 mm de largo total, aunque esto fue variante entre subcuencas. Para el Lago Mayor se pudo determinar una distribución multimodal, con una talla media de 95.75 mm (Figura 1.16). Mientras que, para el Lago Menor, la talla media fue de 126.9 mm con una distribución multimodal (Figura 1.17). De la misma manera, la talla media de la población de *O. agassizii* mayor a los 100 mm, aunque con una distribución levemente bimodal (Figura 1.18). Resulta llamativo que la talla media de las capturas del Lago Mayor principalmente, se encuentre por debajo de la talla mínima establecida por la normativa peruana (120 mm; R.M. 271-2010-PRODUCE). Esto resalta la necesidad de mejoras en la gestión y fiscalización de la actividad pesquera binacional. Si bien, los resultados corresponden a una sola observación, es necesario incidir en el manejo conjunto de la actividad pesquera. En el caso del Lago Poopó el rango de talla osciló entre los 70 y 127 mm, con una distribución normal, capturándose peces de tallas comprendidas entre los 100 y 115 mm.



**Figura 1.16.** Características de la estructura de tallas de *O. agassizii* en el Lago Mayor del Titicaca. Talla mínima de captura 120 mm.

Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
66.3-153.5	95.75	85.5, 107.35, 153.8	339



**Figura 1.17.** Características de la estructura de tallas de *O. agassizii* en el Lago Menor del Titicaca. Talla mínima de captura 120 mm.

Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
100.8-164.4	126.9	114.7, 123.9, 162.3	129

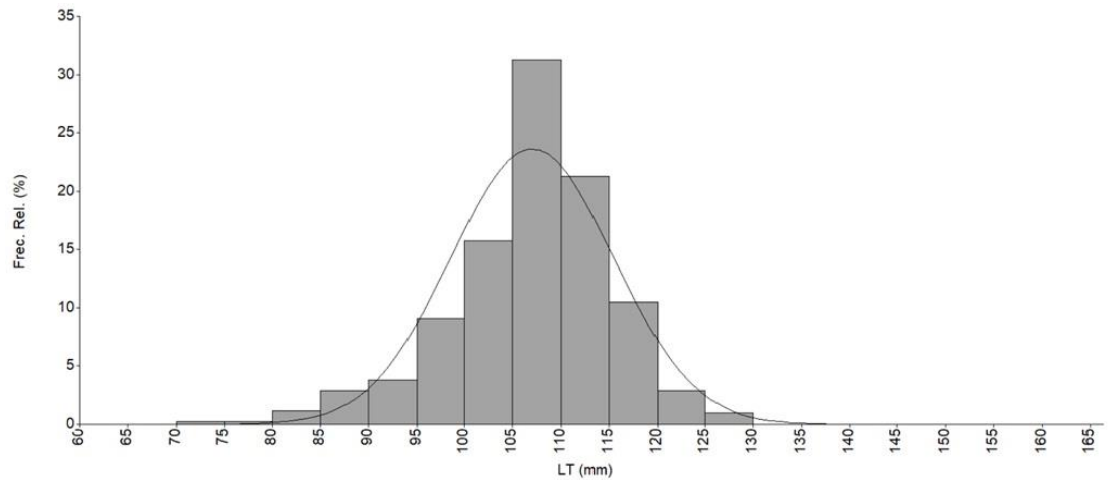
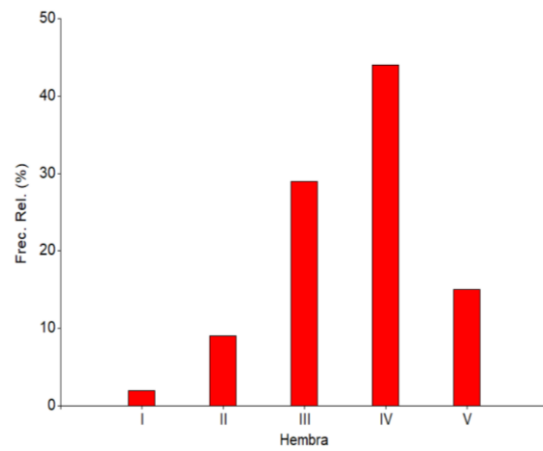
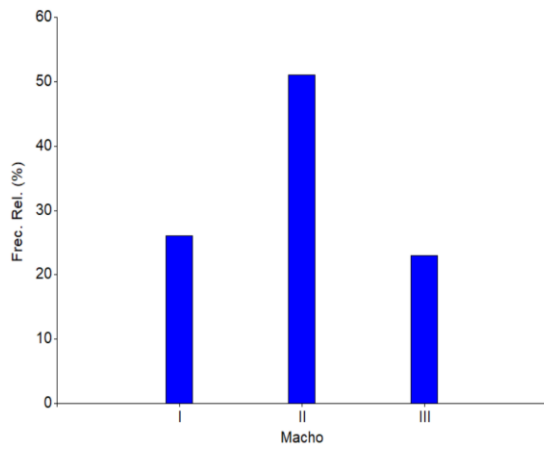
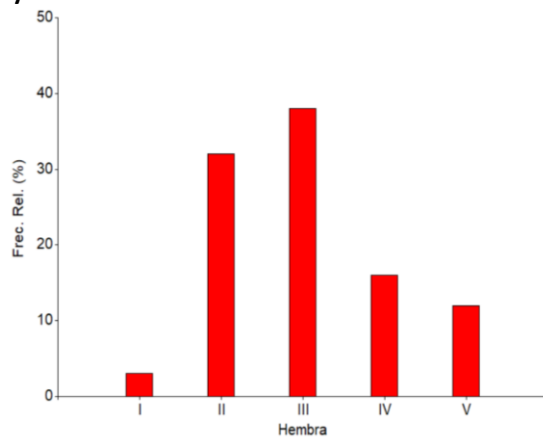
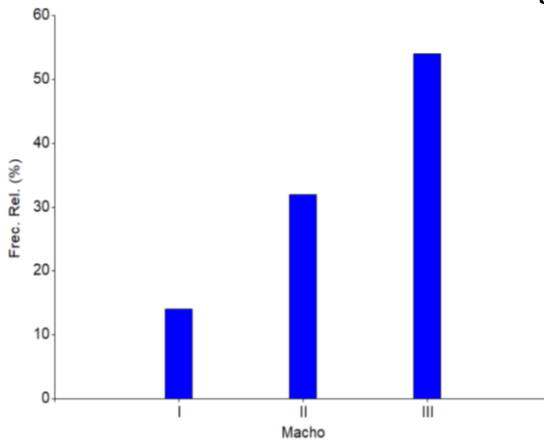


Figura 1.18. Características de la estructura de tallas de *O. agassizii* en el Lago Poopó.

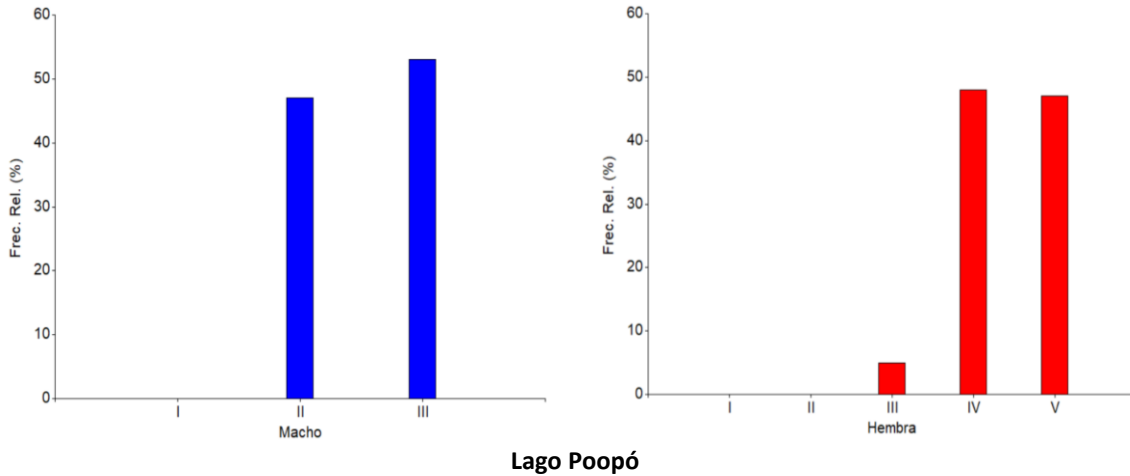
Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
70.4-127.0	105.9	107.3	419



Lago Mayor



Lago Menor

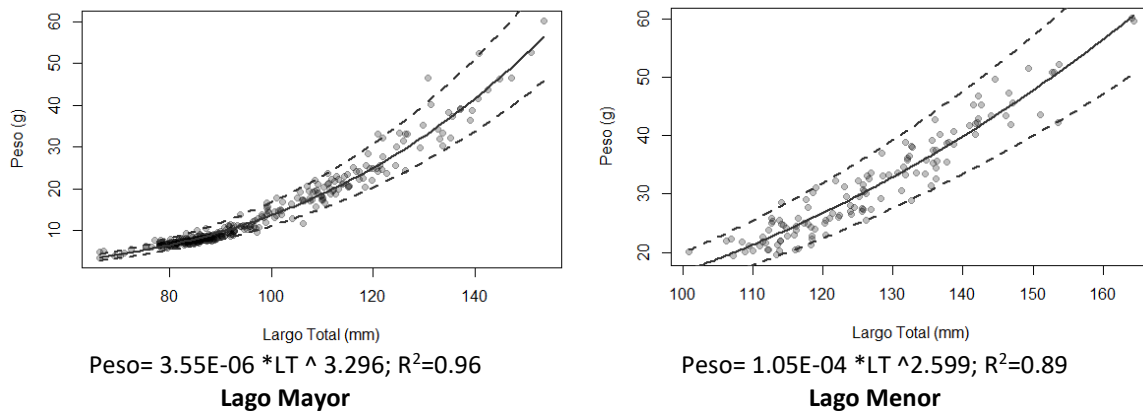


**Figura 1.19.** Madurez sexual de *O. agassizii* en las subcuencas del Lago Titicaca y el Lago Poopó.

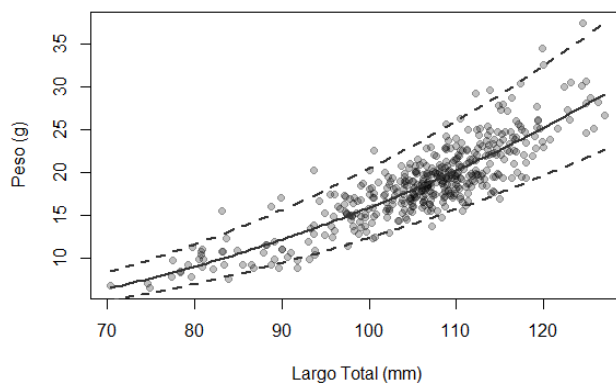
La proporción sexual de fue de 0.12:1.0 (macho: hembra) para el Lago Mayor; 0.81:1.0 para el Lago Menor y 0.04:1.0 para el Lago Poopó. Se evidenció una madurez sexual mayor para las hembras del Lago Poopó (estadio IV y V), mientras que, en el Lago Mayor, la población de *Orestias* se encontraba en estadios de desarrollo (estadio III y IV), lo que podría indicar que esta población se encuentra en pleno proceso de maduración (Figura 1.19). De la misma manera, los machos evaluados en el Lago Mayor se encontraban en pleno desarrollo reproductivo.

*Relación longitud peso y factor de condición de Fulton (K)*

A partir de los valores de regresión se determinó los valores de *b* para cada subcuenca del Lago Titicaca y el Lago Poopó (Figura 1.20). Gracias a esto podemos mencionar que el crecimiento de *O. agassizii* es de tipo alométrico negativo, con valores < 3. En el caso del Lago Mayor, se observa que peces juveniles se encontrarían en mejor condición somática, debido al ajuste que presentan sobre la línea de tendencia, mientras que en el Lago Poopó son los individuos de mayor talla los que presentan esta característica, al igual que la población del Lago Menor (Figura 1.21). En el Lago Mayor, el 96% de la variación del peso se explica por las variaciones de la talla, mientras que, en el Lago Poopó, se logra explicar estas variaciones solamente en un 79%.





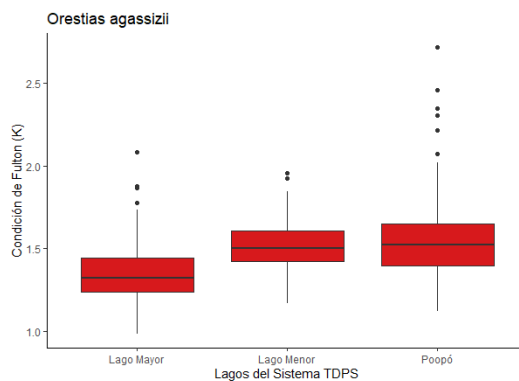


$$\text{Peso} = 7.64\text{E-}03 * \text{LT} ^ 2.5404; R^2=0.79$$

#### Lago Poopó

**Figura 1.20.** Relación longitud-peso de las poblaciones de *O. agassizii* en las subcuencas del Lago Titicaca y el Lago Poopó.

Por otra parte, el índice de condición de Fulton (K) muestra que la condición corpórea de los peces evaluados, es relativamente baja en todas las poblaciones (Figura 1.21), con un rango de valores entre 1 y 2. No obstante, es necesario mencionar que este resultado puede estar siendo influenciado por la alometría negativa de *O. agassizii*, siendo necesario un estudio que permita evaluar la variación de la condición de estos peces a lo largo de un ciclo hidrológico. La condición de las poblaciones de *O. agassizii* del Lago Menor y el Lago Poopó son bastante similares, mientras que las poblaciones del Lago Mayor mostraron una condición menor.



**Figura 1.21.** Factor de Condición (K) de las poblaciones de *O. agassizii* del Lago Titicaca y Poopó.

#### *Orestias crawfordi*

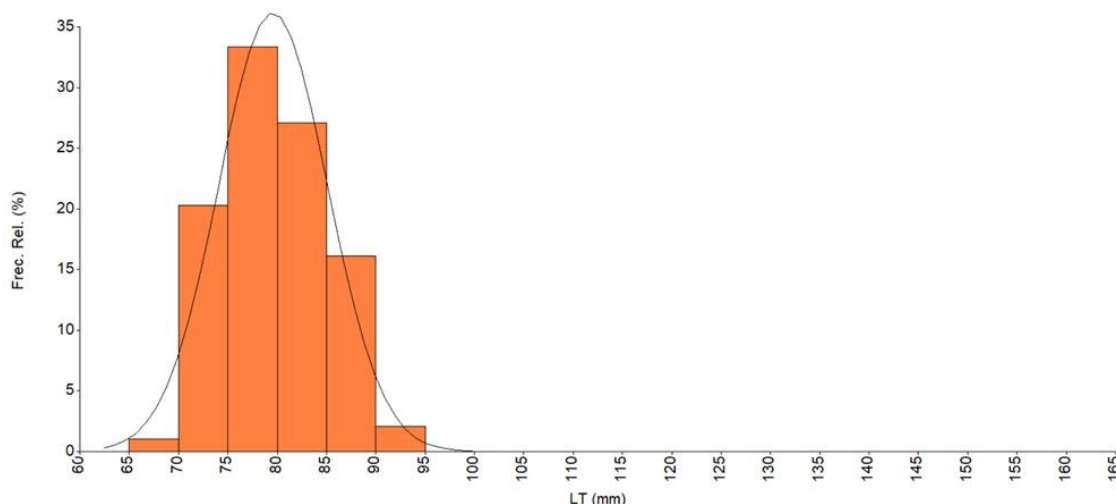
##### Composición de tallas y madurez sexual

Se evaluaron 192 ejemplares que presentaron un rango de talla entre los 66 – 94 mm de largo total, una talla media de 79.57 mm y una distribución unimodal ( $M_o=75.5$  mm; Figura 1.22). El sex ratio para esta población fue de 0.01:1.0 (macho: hembra), resaltando la gran dominancia de hembras en la población. El estadio de madurez sexual de los machos no es preciso, debido a que solamente se encontraron dos ejemplares en la población en estadio reproductivo avanzado. En cambio, las

hembras se encontraban en un estadio maduro (estadio IV y V), por lo que, durante la época de colecta (mes de junio), las hembras de esta población estaban en pleno proceso de reproducción.

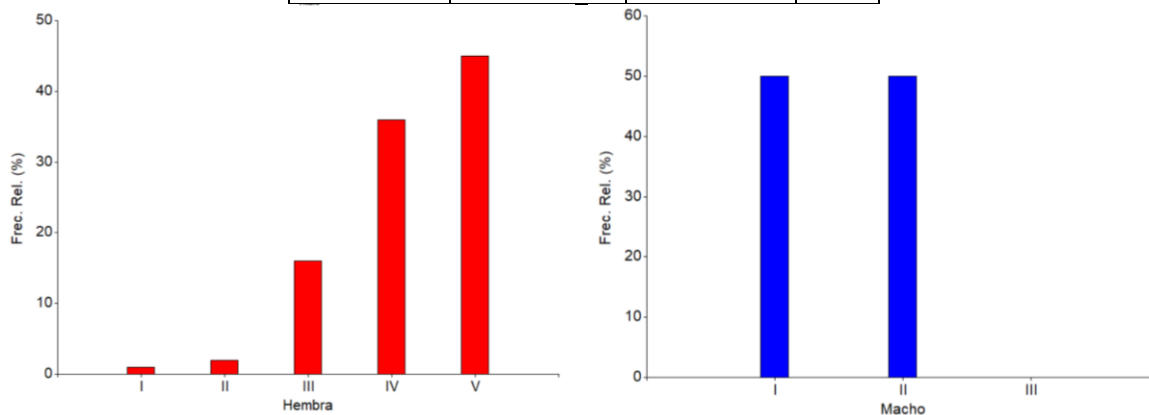
*Relación longitud peso y factor de condición de Fulton (K)*

A partir de los valores de regresión se determinó los valores de  $b$  para esta especie muestran una tasa de crecimiento isométrico ( $b = 3.35$ ), además que un 82% de la variación del peso se explica por las variaciones de la talla por lo que el restante porcentaje podría corresponder a una influencia ambiental (alimentación o condiciones del hábitat). En cuanto al índice de condición (K), al igual que para *O. agassizii* este fue bajo ( $K_{media}=1.65$ ). Esto resulta llamativo ya que los ejemplares evaluados mostraron un crecimiento isométrico, cumpliendo el supuesto del factor de condición de Fulton. En este caso se podría estar evidenciando que los peces de esta población se encuentran en mala condición, ya sea por falta de recurso alimenticio, o probablemente por un efecto de la época, ya que las colectas fueron realizadas durante la época seca, donde las temperaturas del lago reducen (Lazzaro & Gamarra, 2014), lo cual tendría un efecto en el metabolismo de estos peces.



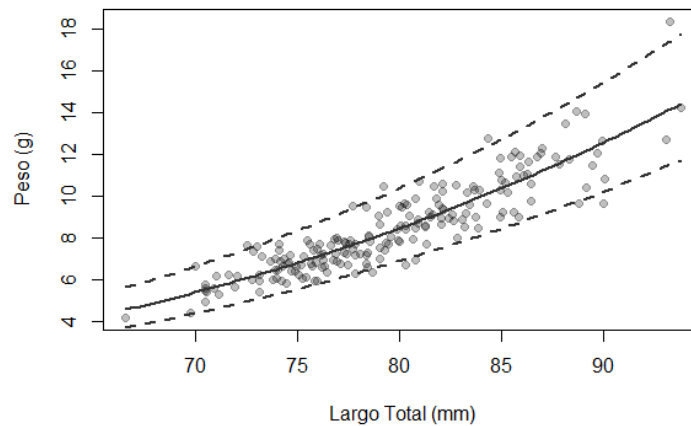
**Figura 1.22.** Características de la estructura de tallas de *O. crawfordi* en el Lago Mayor del Titicaca.

Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
66.6-93.8	79.57	75.5	192



**Figura 1.23.** Madurez sexual de hembras de *O. crawfordi* en las subcuencas del Lago Mayor del Lago Titicaca.

**Figura 1.24.** Madurez sexual de machos de *O. crawfordi* en las subcuencas del Lago Mayor del Lago Titicaca.



$$\text{Peso} = 3.50\text{E-}06 * \text{LT}^3.3524; R^2 = 0.82$$

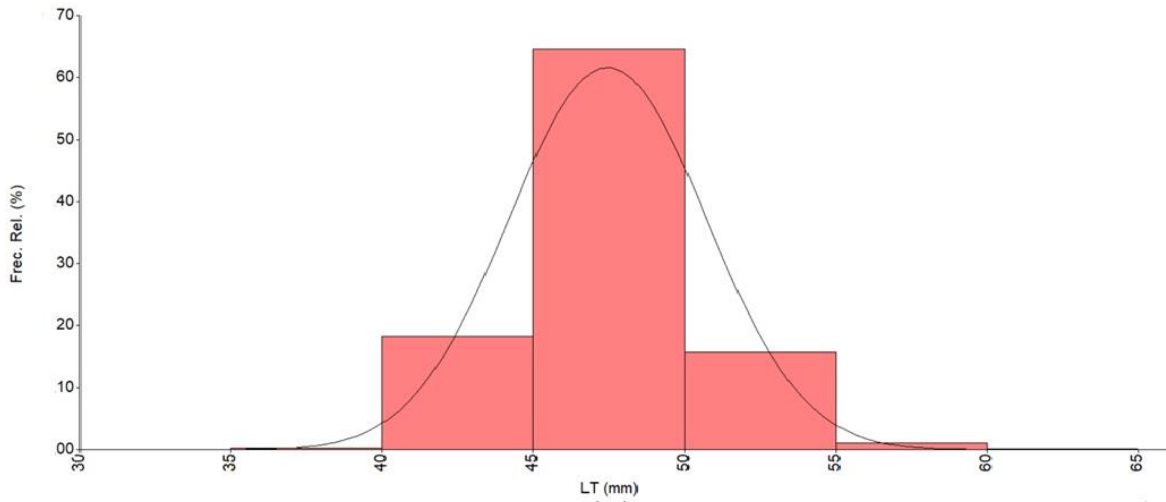
**Figura 1.25.** Relación longitud-peso de *O. crawfordi* en la subcuenca del Lago Mayor del Lago Titicaca. *Orestias imarpe*

#### *Composición de tallas y madurez sexual*

Se analizaron 123 ejemplares que presentaron un rango de talla entre los 66 – 94 mm de largo total, una talla media de 47.44 mm y una distribución normal unimodal, con una moda de 48.42 mm (Figura 1.26). La estructura de tallas observadas refuerza el denominativo de *peces pequeños* de esta especie, ya que el rango observado fue solamente de 30mm. La proporción macho: hembra identificada fue de 0.08:1.0, donde un gran número de hembras evaluadas se encontraba en estadios reproductivos avanzados (estadio IV y V), a diferencia de los machos evaluados (Figura 1.27 y Figura 1.28).

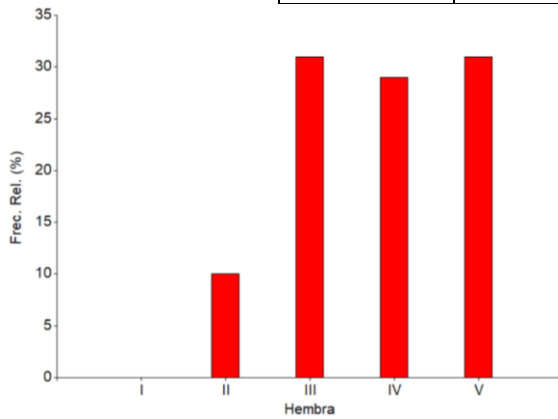
#### *Relación longitud peso y factor de condición de Fulton (K)*

Se determinó que esta especie muestra un crecimiento alométrico negativo ( $b = 1.94$ ), además que solamente un 54% de la variación del peso puede ser explicada por las variaciones de la talla. Este bajo valor del coeficiente  $b$  se observa en el factor de condición también, tiendo un valor relativamente bajo, siendo aún menor en la población de Capachica (Figura 1.30). En este caso, el factor de condición podría estar influenciado por la talla y el tipo de crecimiento de estos peces, razón por la cual no se pueden realizar conclusiones sobre la condición de la población.

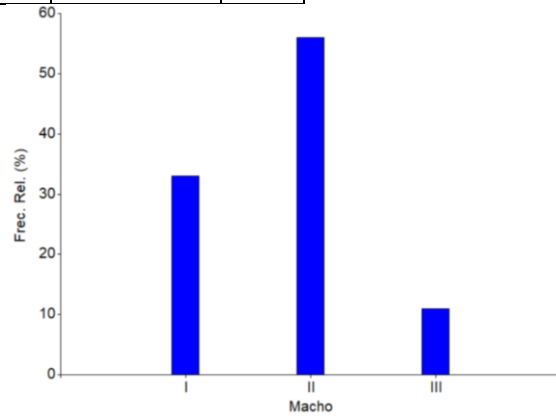


**Figura 1.26.** Características de la estructura de tallas de *O. imarpe* en el Lago Mayor del Titicaca.

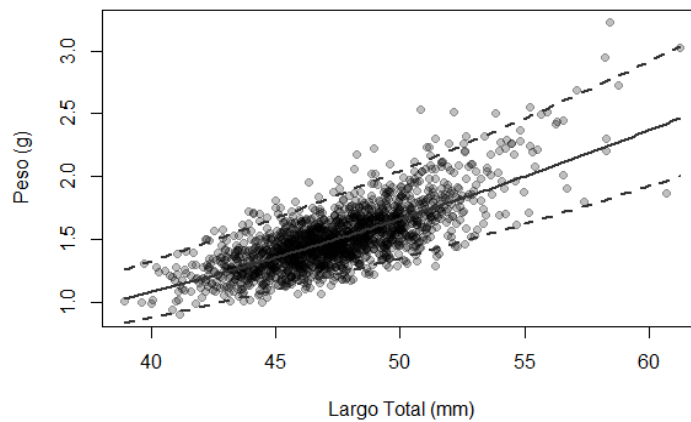
Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
39.0 - 61.2	47.4	48.42	123



**Figura 1.27.** Madurez sexual de hembras de *O. imarpe* en las subcuencas del Lago Mayor del Lago Titicaca.

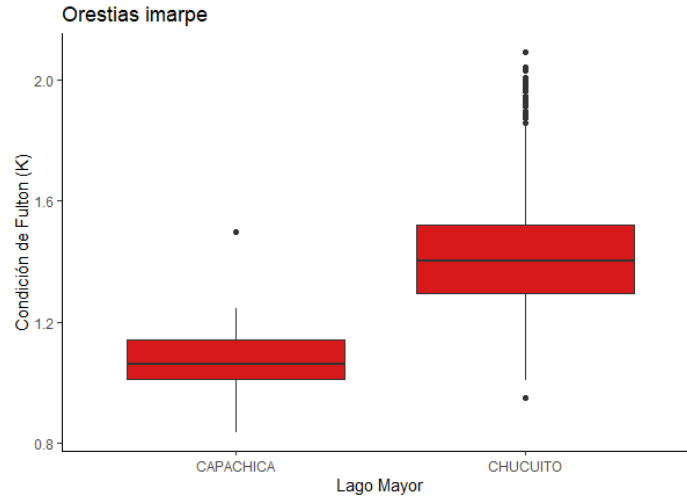


**Figura 1.28.** Madurez sexual de machos de *O. imarpe* en las subcuencas del Lago Mayor del Lago Titicaca.



$$\text{Peso} = 8.22\text{E-}04 * \text{LT} ^ 1.9424; R^2=0.54$$

**Figura 1.29.** Relación longitud-peso de *O. imarpe* en la subcuenca del Lago Mayor del Lago Titicaca.

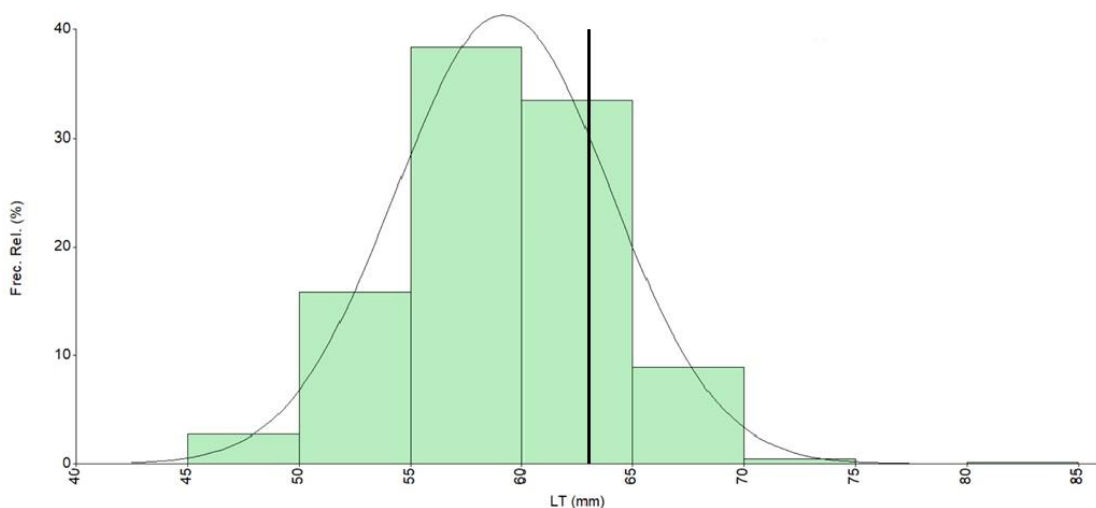


**Figura 1.30.** Factor de condición de Fulton (K) de *O. imarpe* en la subcuenca del Lago Mayor del Lago Titicaca.

*Orestias ispi*

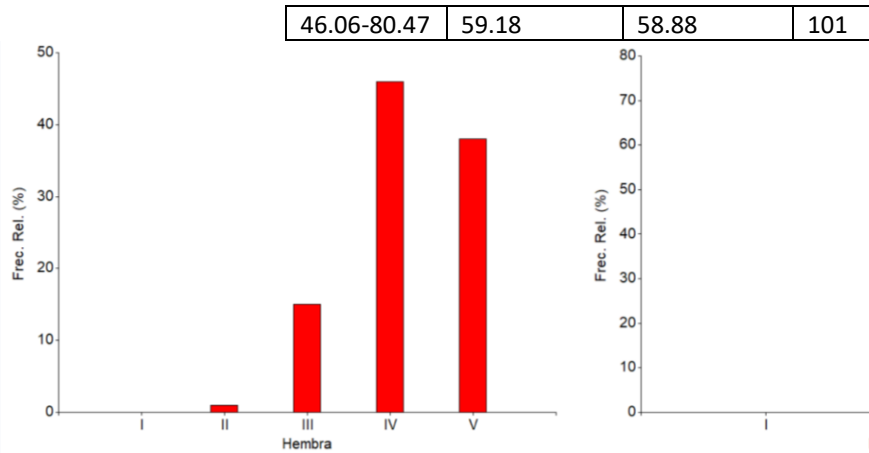
*Composición de tallas y madurez sexual*

La población de ispi evaluada presentó un rango de talla entre los 46 – 80 mm de largo total, y una talla media de 59.18 mm con una moda entre 55 y 60 mm (Figura 1.31). No obstante, la frecuencia de talla mayor, se encontraba por debajo de la talla mínima establecida por la normativa peruana (63 mm; R.M. 271-2010-PRODUCE). El sex-ratio de esta población es de 0.18:1.0 (macho: hembra). Un gran número de hembras encontraba en estadios reproductivos avanzados (estadio IV y V), al igual que los pocos machos encontrados, por lo que esta especie estaba ingresando a un periodo reproductivo, correspondiente al mes de noviembre (Figura 1.32 y Figura 1.33).

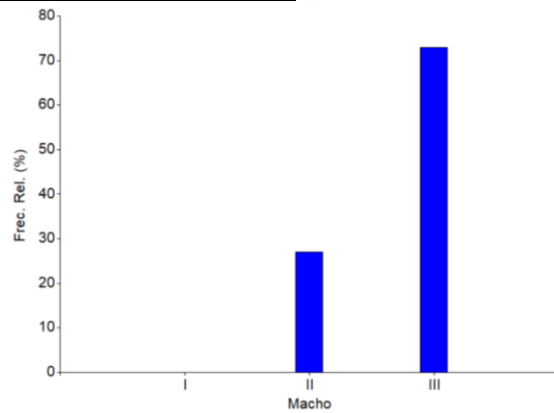


**Figura 1.31.** Características de la estructura de tallas de *O. ispi* en el Lago Mayor del Titicaca. Talla mínima de captura 63 mm.

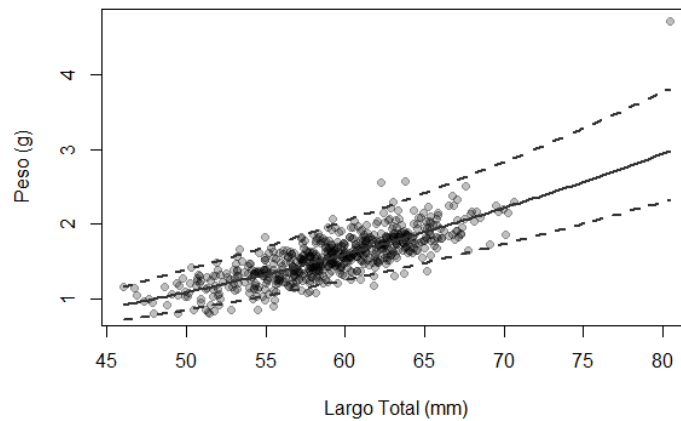
Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
------------	------------	-----------	---



**Figura 1.32.** Madurez sexual de hembras de *O. ispi* en las subcuenca del Lago Mayor del Lago Titicaca.



**Figura 1.33.** Madurez sexual de machos de *O. ispi* en las subcuenca del Lago Mayor del Lago Titicaca.



$$\text{Peso} = 2.64\text{E-}04 * \text{LT} ^ 2.125; R^2=0.64$$

**Figura 1.34.** Relación longitud-peso de *O. ispi* en la subcuenca del Lago Mayor del Lago Titicaca.

*Relación longitud peso y factor de condición de Fulton (K)*

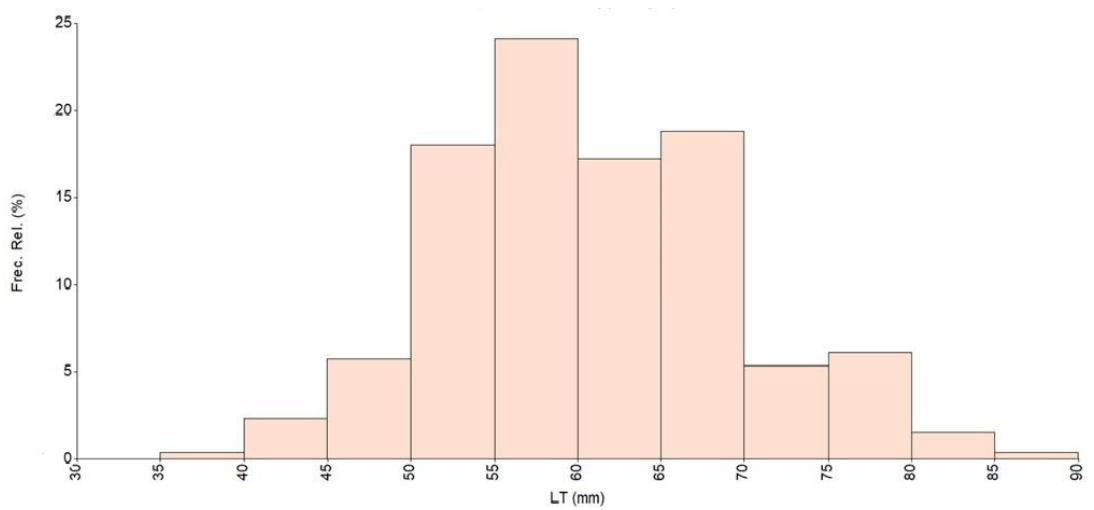
Se determinó que esta especie muestra un crecimiento alométrico negativo ( $b = 2.12$ ), aunque solamente un 64% de la variación del peso puede ser explicada por las variaciones de la talla. Es importante destacar que ya se ha reconocido el crecimiento alométrico negativo de esta especie, encontrándose usualmente en mejor condición los estadios juveniles que adultos. Debido a que el crecimiento de esta especie rompe con el supuesto del crecimiento isométrico del Factor de condición Fulton (K), fue que este no fue calculado.

*Orestias gr gilsoni*

*Composición de tallas y madurez sexual*

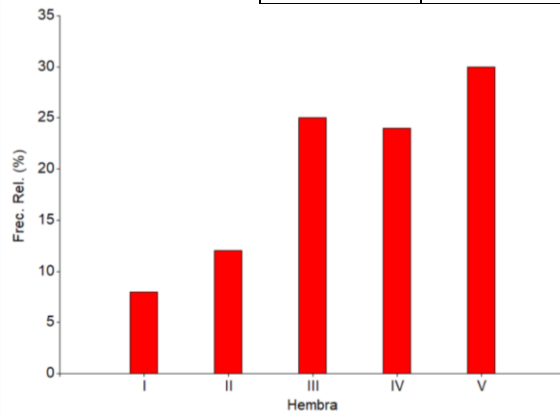
La población del grupo gilsoni evaluada presentó un rango de talla entre los 39 – 88.4 mm de largo total, y una talla media de 61.12 mm con una distribución bimodal de 59.9 mm, 67 mm y 78.12 mm (Figura 1.35). La proporción macho: hembra fue de 0.08:1.0, y un gran número de hembras se

encontraban en estadios reproductivos avanzados (V), es decir desovante, por lo que este grupo se encontraba en proceso de maduración gonadal (Figura 1.36 y Figura 1.37).

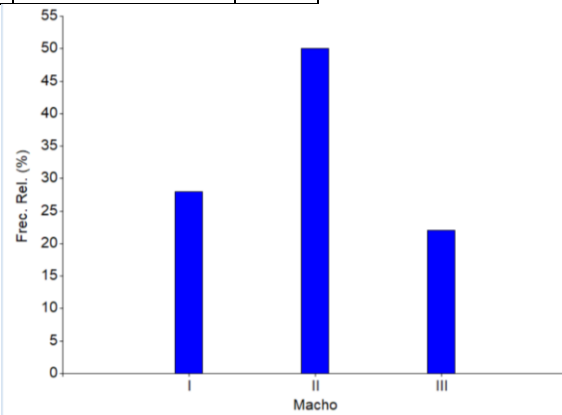


**Figura 1.35.** Características de la estructura de tallas de *Orestias gr gilsoni* en el Lago Mayor del Titicaca.

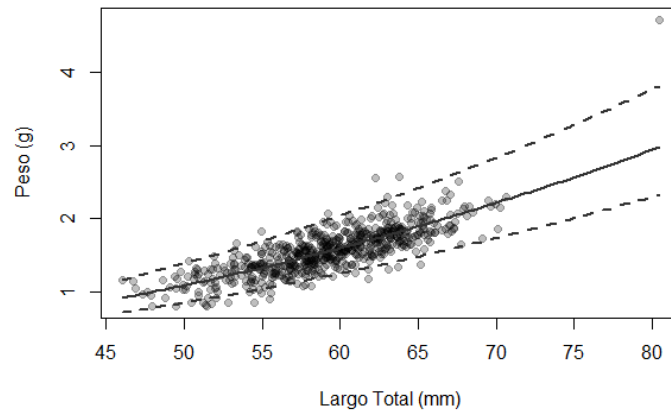
Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
39.0-88.4	61.12	59.9, 67.0, 78.12	260



**Figura 1.36** Madurez sexual de hembras de *Orestias gr gilsoni* en las subcuena del Lago Mayor del Lago Titicaca.



**Figura 1.37.** Madurez sexual de machos de *Orestias gr gilsoni* en las subcuena del Lago Mayor del Lago Titicaca.



$$\text{Peso} = 2.64\text{E-}04 * \text{LT}^{\wedge} 3.192; R^2 = 0.91$$

**Figura 1.38.** Relación longitud-peso de *Orestias gr gilsoni* en la subcuenca del Lago Mayor del Lago Titicaca.

#### *Relación longitud peso y factor de condición de Fulton (K)*

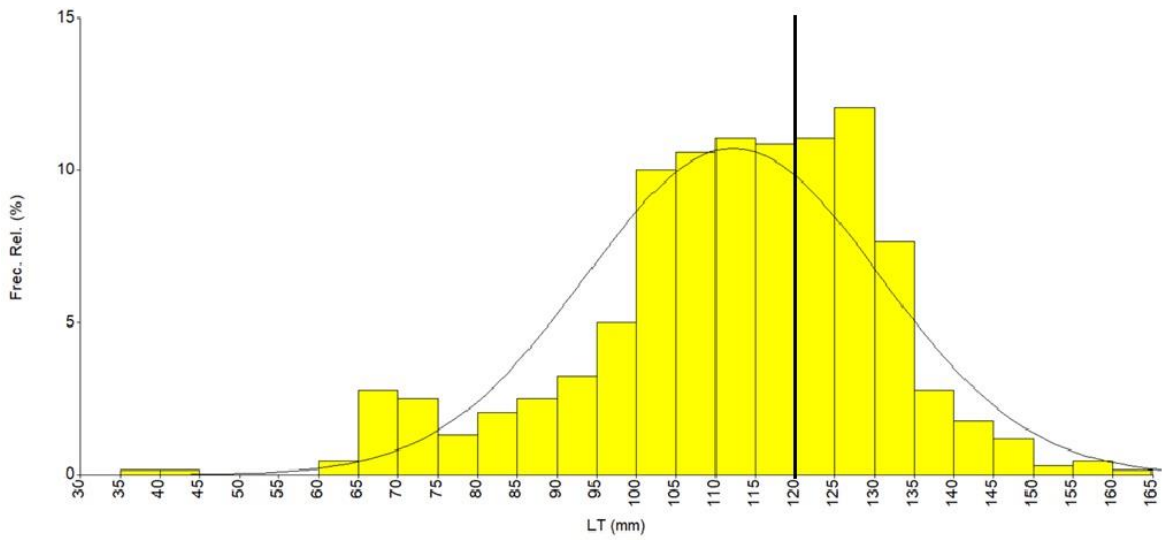
A partir de la relación longitud peso se determinó que los peces evaluados tuvieron un crecimiento isométrico ( $b = 3.2$ ), además que el 90% de la variación del peso puede ser explicada por las variaciones de la talla (Figura 1.38). Si bien este grupo mostró un crecimiento isométrico, el índice de condición corporal revela una mala condición con un valor medio levemente superior a 1 ( $K_{\text{medio}} = 1.56$ ), lo cual podría estar influenciado por alguna alteración en el régimen alimenticio de este grupo. Sin embargo, dicha afirmación requiere un estudio específico sobre los hábitos alimenticios de especies nativas de *Orestias* de bajo interés comercial. Considerando que los peces de esta población se encontraron en su mayoría en estadios reproductivos avanzados, se podría inferir que dicha población estaba en plena época reproductiva, donde se dedican más a la reproducción que a la alimentación (Lauzanne, 1992). Sin embargo, se requieren mayores estudios que permitan evaluar el comportamiento de *Orestias* en general durante la reproducción.

#### *Orestias luteus*

##### *Composición de tallas y madurez sexual*

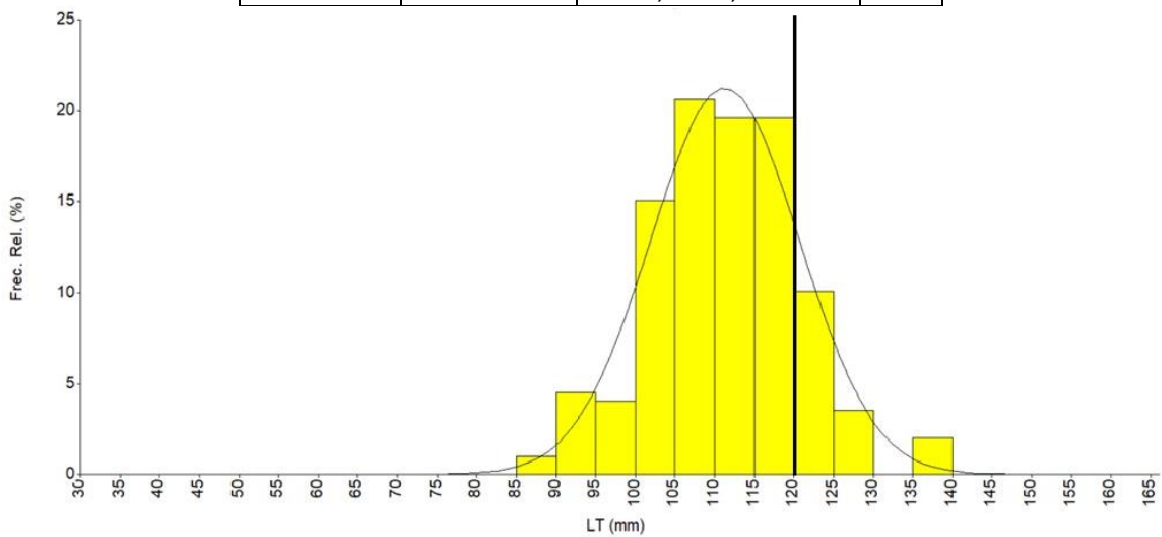
Del muestreo biométrico de 909 especímenes para un rango de talla desde 38.3 - 164.64 mm se estimó la estructura de tallas en las poblaciones de *O. luteus* de las subcuenca del Lago Mayor, Menor, Poopó y Uru Uru. Las poblaciones de *O. luteus* del Lago Mayor mostraron un rango amplio de tallas, con una media de 112 mm y una distribución multimodal (Figura 1.39). La población del Lago Menor tuvo una talla media y distribución similar (Figura 1.40). El patrón de distribución unimodal se observó en la estructura de tallas de las poblaciones del Uru Uru y el Poopó (Figura 1.41 y Figura 1.42). Al igual que en el caso de *O. agassizii*, llama la atención que las tallas medias observadas en el Lago Mayor, son inferiores a las tallas mínimas de captura normadas en el Perú (R.M. 271-2010-PRODUCE).





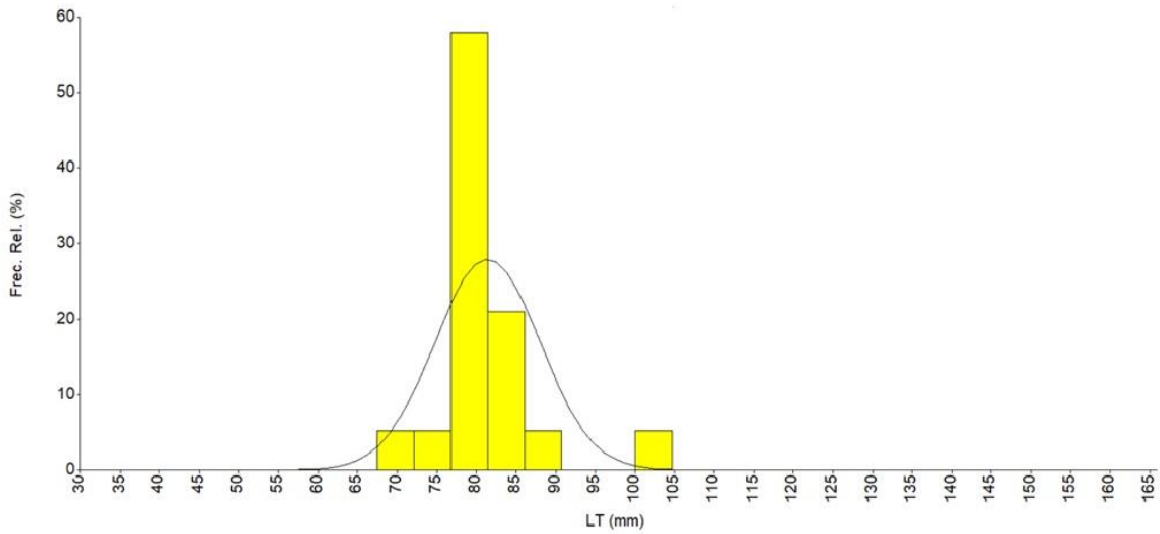
**Figura 1.39.** Características de la estructura de tallas de *O. luteus* en el Lago Mayor del Titicaca.

Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
38.3-164.6	112.2	66.32, 112.8, 127.83	678



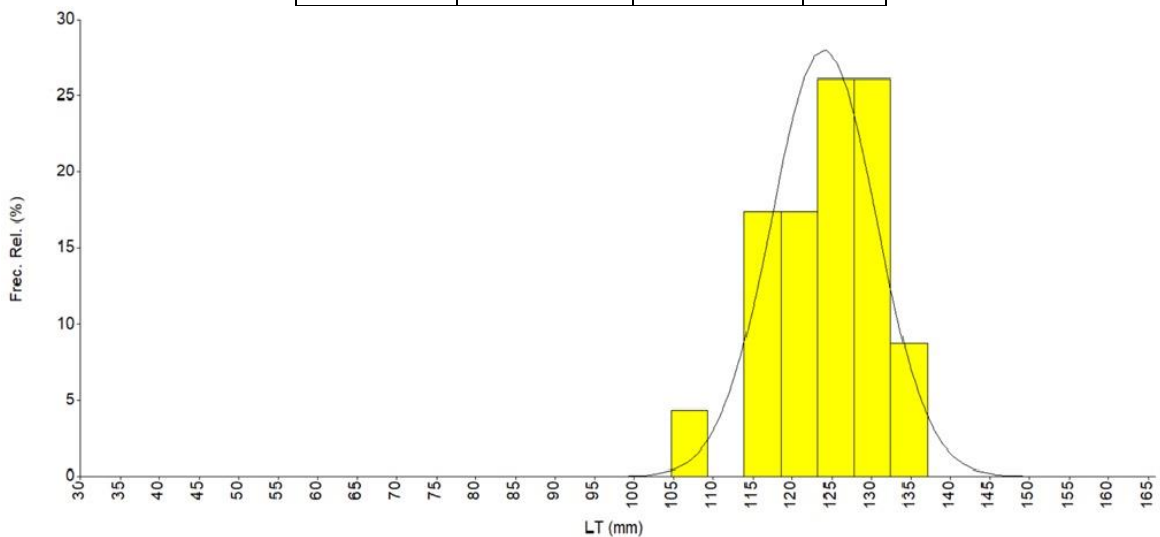
**Figura 1.40.** Características de la estructura de tallas de *O. luteus* en el Lago Menor del Titicaca.

Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
85.7-137.2	111.89	91.6, 106.5, 138.4	199



**Figura 1.41.** Características de la estructura de tallas de *O. luteus* en el Lago Poopó.

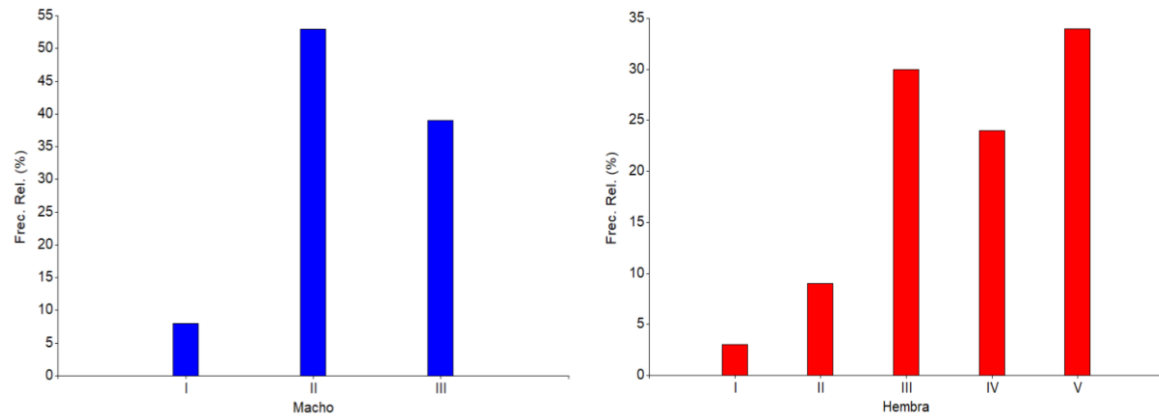
Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
70.4-103.0	81.4	80.85	19



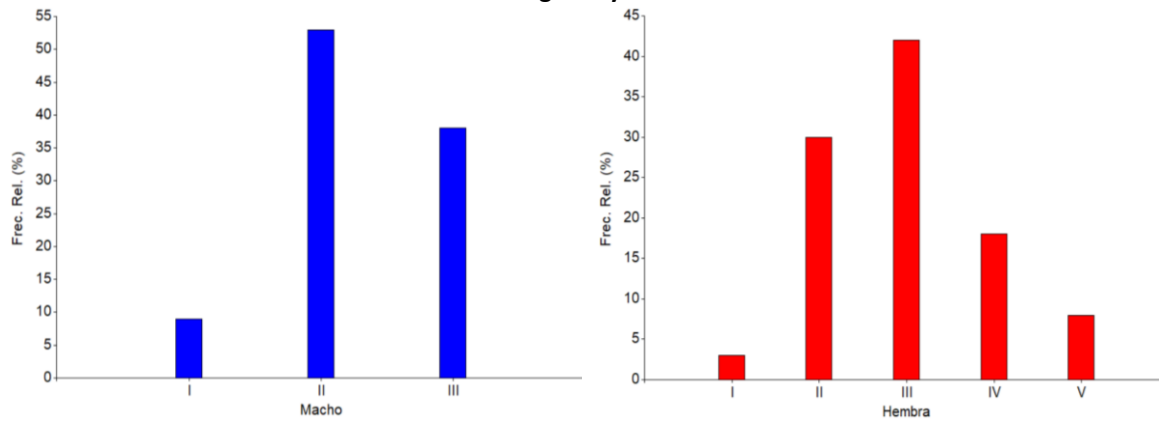
**Figura 1.42.** Características de la estructura de tallas de *O. luteus* en el Lago Uru Uru.

Rango (mm)	Media (mm)	Moda (mm)	N
105.7-133.4	124.2	128.5	13

La proporción sexual de *O. luteus* fue de 0.56:1.0 (macho: hembra) para el Lago Mayor; 0.64:1.0 para el Lago Menor y 1.25:1.0 para el Lago Poopó. No se registraron ejemplares machos en el Lago Uru Uru. Se evidenció una madurez sexual mayor para las hembras del Lago Mayor (estadio IV y V), mientras que el resto de las poblaciones se encontraba aún en estadios de desarrollo (estadio III, Figura 1.39 y Figura 1.40). Este mismo patrón se evidenció en las poblaciones de machos de *O. luteus*, por lo que estas poblaciones se encontraban en pleno proceso de maduración.

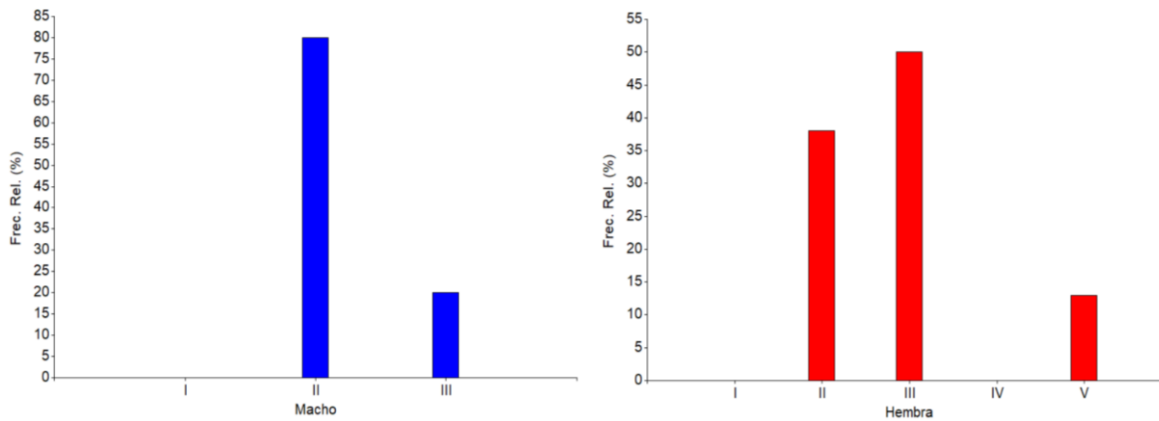


**Lago Mayor**

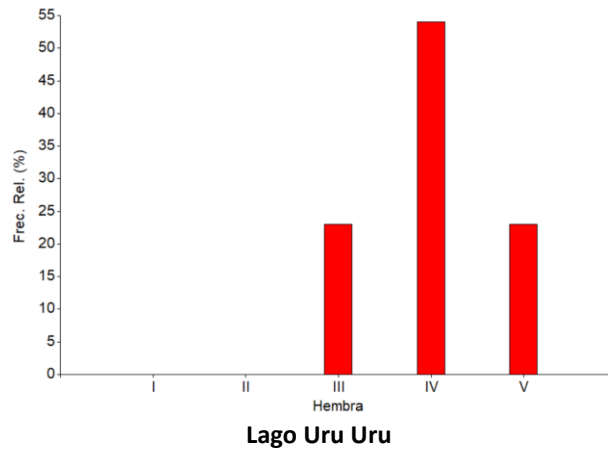


**Lago Menor**

**Figura 1.39.** Madurez sexual de *O. luteus* en las subcuencas del Lago Titicaca.



**Lago Poopó**

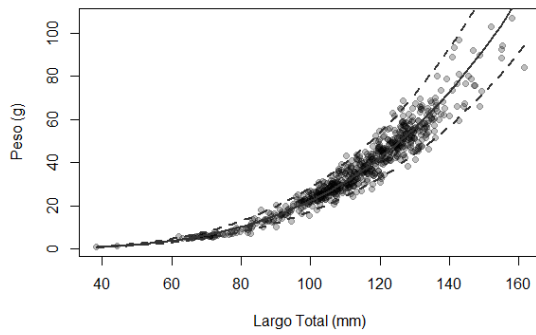


**Figura 1.40.** Madurez sexual de *O. luteus* en las subcuencas de los lagos Poopó y Uru Uru.

A partir de los valores de regresión se determinó los valores de  $b$  para cada subcuenca del Lago Titicaca y el Lago Poopó (Figura 1.20). Gracias a esto podemos mencionar que el crecimiento de *O. agassizii* es de tipo alométrico negativo, con valores  $< 3$ . En el caso del Lago Mayor, se observa que peces juveniles se encontrarían en mejor condición somática, debido al ajuste que presentan sobre la línea de tendencia, mientras que en el Lago Poopó son los individuos de mayor talla los que presentan esta característica, al igual que la población del Lago Menor (Figura 1.21). En el Lago Mayor, el 96% de la variación del peso se explica por las variaciones de la talla, mientras que, en el Lago Poopó, se logra explicar estas variaciones solamente en un 79%.

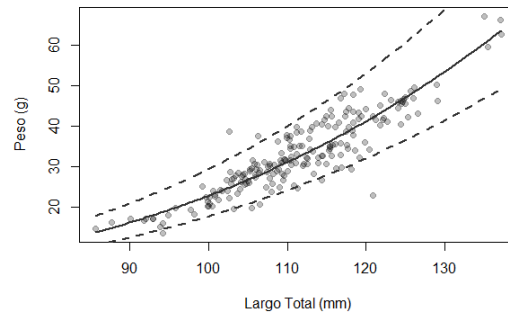
*Relación longitud peso y condición de Fulton (K)*

Apartir de los valores de regresión se determinó los valores de  $b$  para cada población. Gracias a esto podemos mencionar que el crecimiento de *O. luteus* es de tipo isométrico en el Lago Titicaca y el Lago Uru Uru, pero de crecimiento alométrico negativo en el Lago Poopó (Figura 1.41). En el caso del Lago Mayor, se observa que peces juveniles se encontrarían en mejor condición somática, aunque los ejemplares de tallas mayores se encuentran dentro del peso esperado. Esto se respalda con la explicación del 96% de la variación del peso en relación a las variaciones de la talla. Este no es el mismo escenario para el Lago Uru Uru, aunque la poca explicación de peso en función de la talla puede deberse al bajo número muestral, producto de la baja abundancia de peces nativos en la actualidad en este ecosistema.



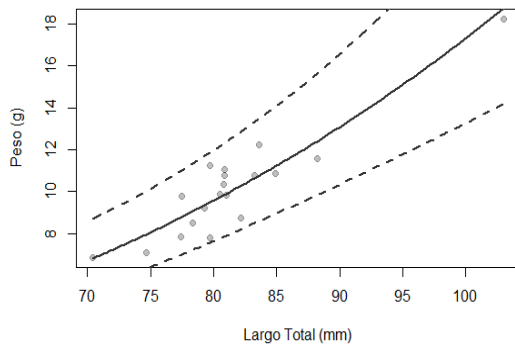
$$\text{Peso} = 2.09\text{E-}06 * \text{LT} ^ 3.51; R^2 = 0.96$$

**Lago Mayor**



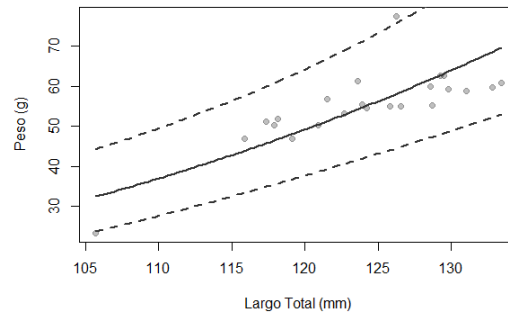
$$\text{Peso} = 7.81\text{E-}06 * \text{LT} ^ 3.23; R^2 = 0.82$$

**Lago Menor**



$$\text{Peso} = 8.38\text{E-}05 * \text{LT} ^ 2.65; R^2 = 0.80$$

**Lago Poopó**

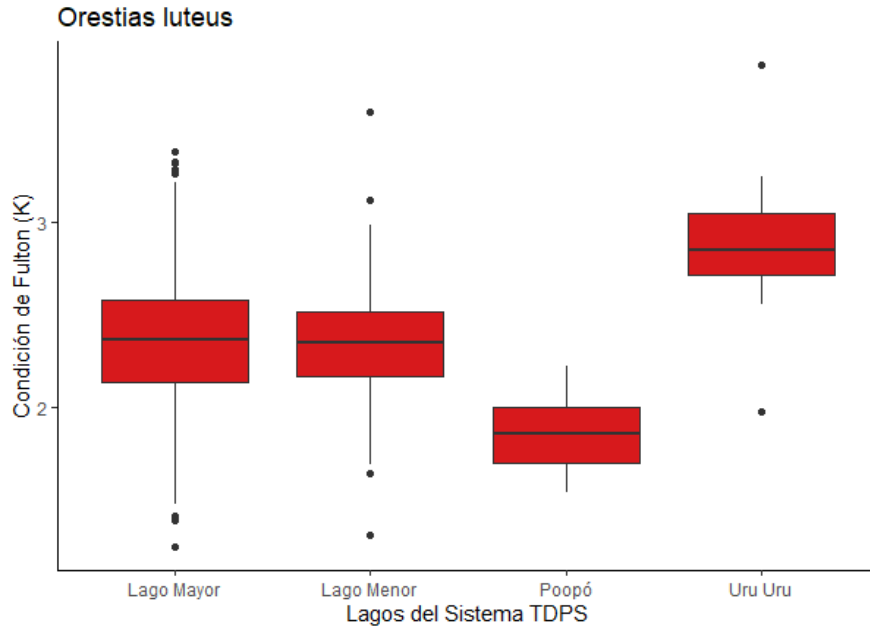


$$\text{Peso} = 7.43\text{E-}06 * \text{LT} ^ 3.278; R^2 = 0.67$$

**Lago Uru Uru**

**Figura 1.41.** Relación longitud-peso de las poblaciones de *O. luteus* en las subcuencas del Lago Titicaca, Lago Poopó y Uru Uru

El análisis de la condición corporal de las poblaciones de *O. luteus*, nos muestra una mejor condición para la población pequeña del Lago Uru Uru, algo contrastante en relación con el coeficiente *b* mencionado anteriormente. La población en una condición corporal menor es la del Lago Poopó, mientras que las poblaciones del Lago Titicaca se encuentran en situaciones muy similares (Figura 1.42). La condición de la población del Lago Poopó puede estar influenciada por el rango de tallas de dicha población. Es llamativo que la población en mejor condición sea la del Lago Uru Uru, pese a todos los problemas de contaminación existentes en ese ecosistema (Ormachea et al., 2010; Guédron et al., 2017). Sin embargo, serían necesarios mayores estudios que consideren un ciclo hidrológico para evaluar la variación estacional de la condición de las poblaciones de *Orestias*.



**Figura 1.42.** Factor de Condición (K) de las poblaciones de *O. luteus* de las subcuencas del Lago Titicaca, Lago Poopó, y Uru Uru

## CAPITULO II

### Resultados del Taller de “Análisis y sistematización de la información sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de Especies del género *Orestias*”

#### *Enfoque general para el taller binacional*

1. Los recursos hídricos del Sistema TDPS se constituyen en el motor de las dinámicas demográficas y productivas en la región. Las poblaciones más numerosas y las principales actividades productivas (minería, industria, agricultura, ganadería y acuicultura) se desarrollan en las proximidades de los cuerpos de agua, ya sean lagos, ríos, o acuíferos. La abundancia de agua en la región dio lugar a un crecimiento acelerado y caótico, tanto en Bolivia, como en Perú, que ha dado lugar a un proceso progresivo y sostenido de contaminación y degradación de los sistemas de vida, fundamentalmente de los recursos hídricos del sistema.

En este contexto, el proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema TDPS busca ser un catalizador que contribuya a:

- i. construir una visión común sobre la base de la GIRH,
- ii. establecer una planificación común que oriente acciones en los ámbitos binacional, nacional y local, y
- iii. movilizar e incorporar a los actores clave en la gestión integrada del sistema.

Dentro del sistema TDPS, el Lago Titicaca concentra la mayor cantidad de especies del género *Orestias* spp., y otras especies también nativas como el suche y mauri, que conforman parte de la dieta de las poblaciones aledañas al anillo circunlacustre del lago, además son comercializadas en el mercado regional. Asimismo, uno de los grupos *agassii* y *luteus* se distribuye también en el Lago Uru Uru y en los últimos años el incremento o la mortandad varía mucho en el Lago Poopó por incremento de la salinidad y los cambios climáticos (Fenómeno Niño – Niña). La extracción de recursos pesqueros en el Lago Titicaca, está marcada por una constante actividad en toda la ribera del lago y durante todo el año. La contaminación al lago con aguas servidas domésticas e industriales, residuos de la piscicultura, entre otras, que, sumados a la reducción del nivel del agua y precipitaciones e incremento de la tasa de evaporación, factores asociados al cambio climático; hacen necesarias el planteamiento de propuesta de estrategia de conservación para el aprovechamiento sostenible de las especies del género *Orestias* spp., en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru plasmado en un Plan de Acción Binacional (PAB). Para alcanzar este objetivo, se ha planificado un taller virtual binacional.

2. Para un trabajo dinámico y adaptado a las condiciones actuales de la pandemia y al no poder realizar un taller presencial. Se solicita encarecidamente a las instituciones a través de sus investigadores, técnicos y personal clave en las instituciones gubernamentales nacionales,

regionales y locales, la colaboración participando del taller virtual en la que puedan contribuir en función a sus experticias, al tema y objetivo en cuestión.

Se ha desarrollado un árbol de problemas para cada lago, será presentada en el taller para que sea la base de discusión sobre las cuales los participantes podrán aportar con varios puntos, además de interactuar sobre las temáticas que se mencionan en las dos mesas de trabajo que se formaran:

**Mesa de trabajo 1:** Políticas de gestión de los recursos ícticos en el sistema TDPS.

- Marco legal, contexto institucional.
- Identificación de problemas actuales.
- Acciones a considerar para una adecuada gestión, corto, mediano y largo plazo.
- Necesidad de establecer actividades binacionales, organizaciones sociales, de difusión, capacitación, extensión, control, etc.
- Prioridades de actuación

**Mesa de trabajo 2:** Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros en el sistema TDPS.

- Identificación de problemas actuales.
- Desarrollo pesquero.
- Acciones de conservación
- Uso sostenible de especies nativas
- Monitoreo
- Análisis de las especies introducidas

1. Árbol de problemas.

Se presenta en la figura 1 el árbol de problemas del Lago Titicaca, en la figura 2 el árbol de problemas del Lago Poopó y en la Figura 3 el árbol de problemas del Lago Uru Uru. Estos árboles de problemas servirán de apoyo al trabajo, en el mismo han sido identificados de manera general las causas y los efectos más relevantes para cada lago. Estos árboles han sido elaborados en función a la revisión de los documentos revisados. Los mismos están sujeto a cambios, sugerencias y a otros factores que se consideren pertinentes.



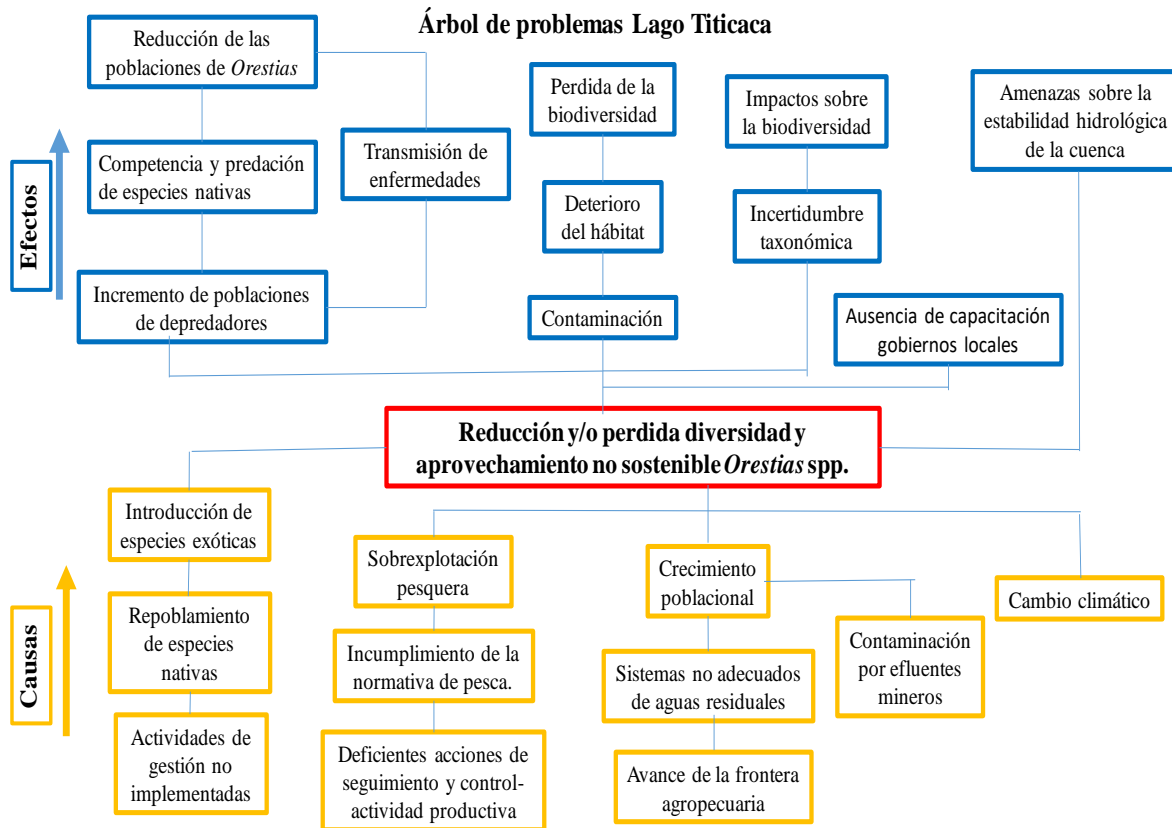


Figura 2.1. Árbol de problemas para el Lago Titicaca.

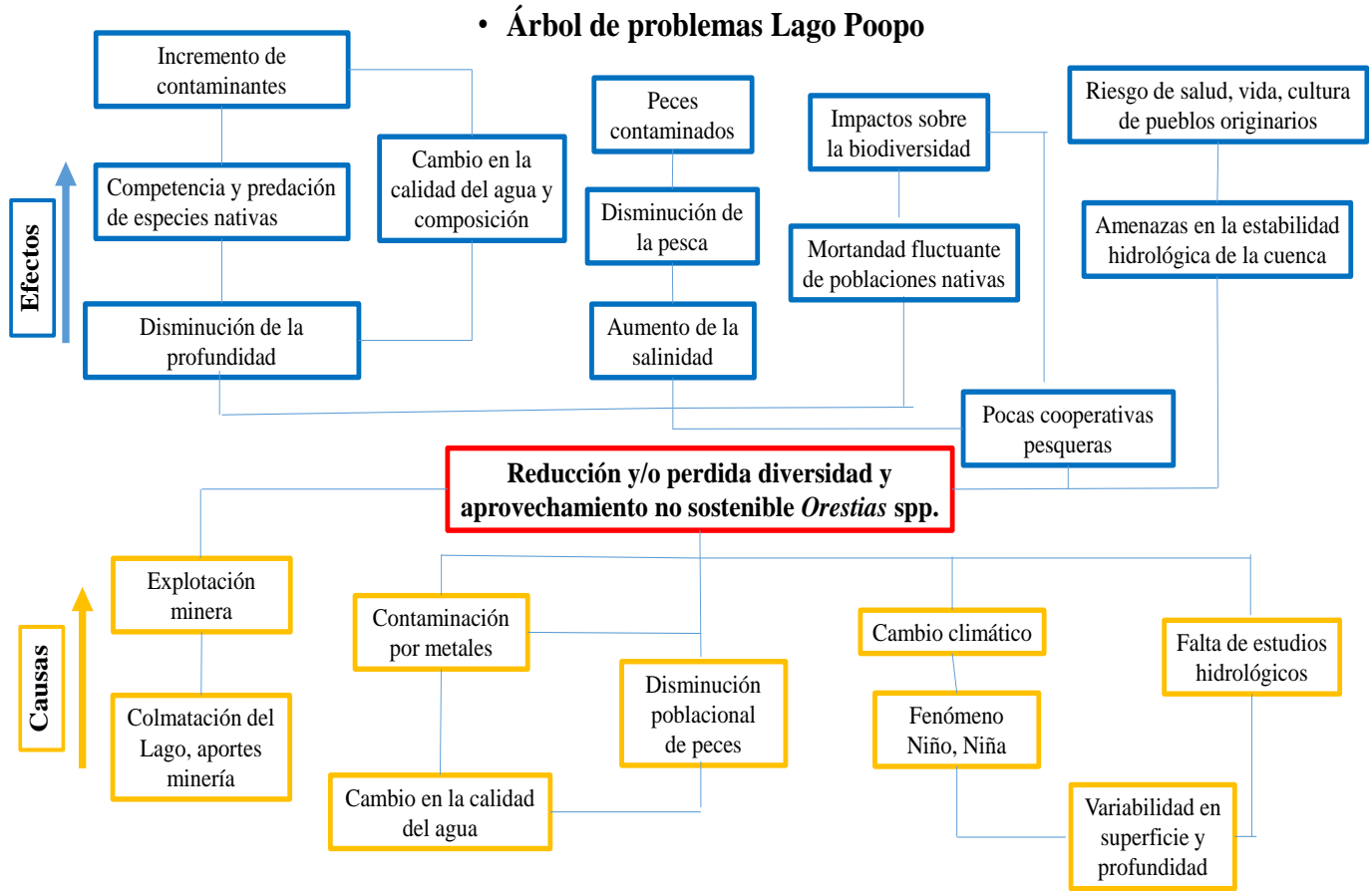


Figura 2.2. Árbol de problemas para el Lago Poopó.

• **Árbol de problemas Lago Uru Uru**

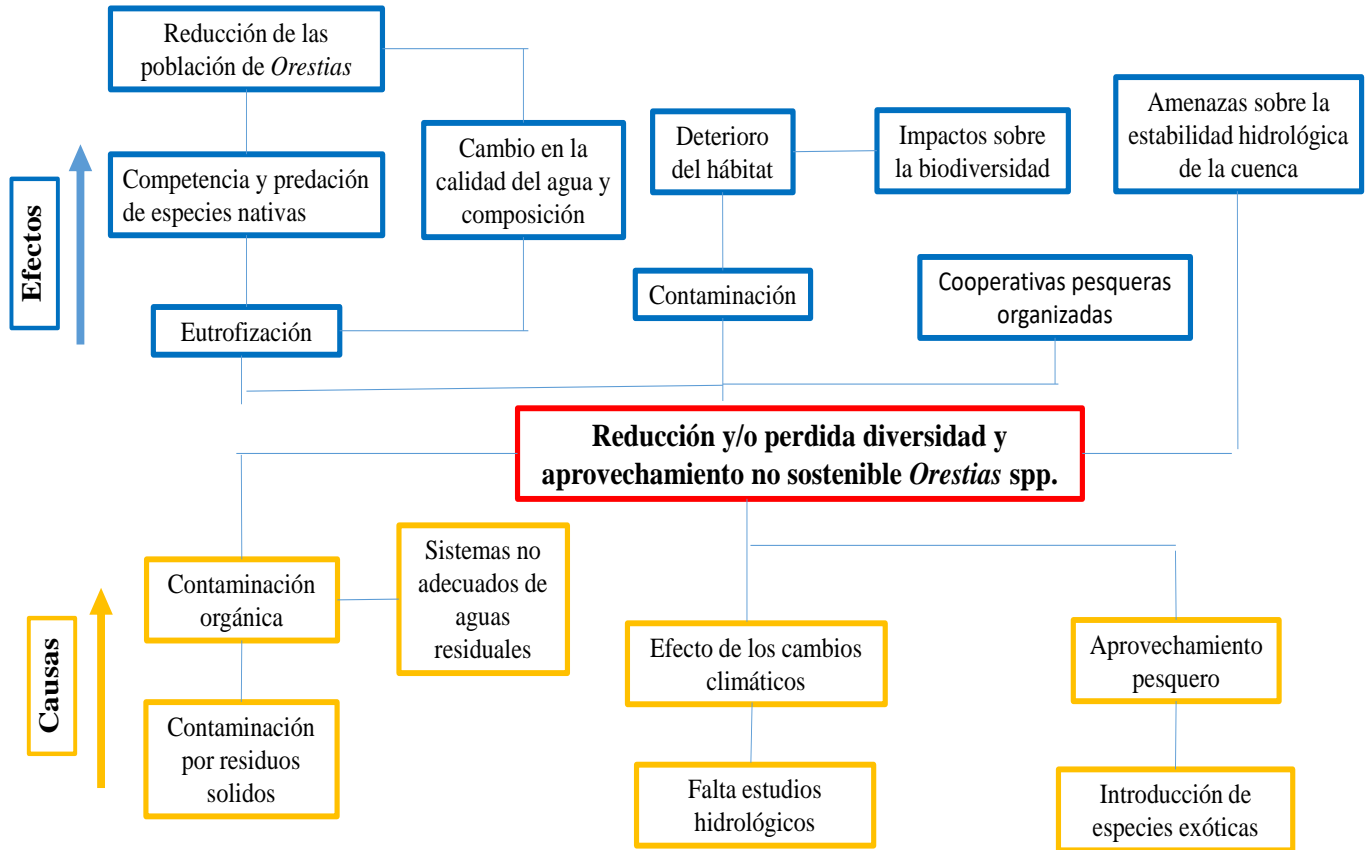


Figura 2.3. Árbol de problemas para el Lago Uru Uru.

## Agenda Taller Binacional

### Proyecto Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca – Desaguadero – Poopó – Salar de Coipasa (TDPS)

#### Estudio Complementario 10 “Evaluación del Estado de Conservación y Propuesta de Estrategia y Plan de Acción Binacional para la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de las Especies del Género *Orestias* spp. en los lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru”

#### TALLER BINACIONAL DE PRESENTACION DE LOS AVANCES DEL DIAGNOSTICO Y PRESENTACIÓN DE LA METODOLOGIA, RECOPIACION DE INFORMACION Y PERSPECTICAS DE POLITICAS DE PLAN DE ACCION BINACIONAL

**Lugar:** Modo virtual

**Fecha:** 19 de noviembre de 2020

**Hora:** 8:30 am - 12:10 pm (hora de Perú)

Hora	Actividad	Metodología	Responsable
08:30 – 08:45	Registro de Participantes		UBCP
08:45 – 08:50	<b>Palabras de Bienvenida</b> Presentación del objetivo esperado del Taller		DNP (MINAM), Perú
08:50 – 09:30	Valoración del conocimiento, presentación del análisis y sistematización de los resultados obtenidos en la consultoría. Presentación de la metodología.	Presentación Interacción Directa	Carla Ibañez y Erick Loayza UBCP
09:30 – 09:35	Espacio para organización de las mesas de trabajo		
09:35 – 11:00	<b>Mesa de trabajo 1:</b> Políticas de gestión de los recursos ícticos en el sistema TDPS. <b>Mesa de trabajo 2:</b> Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros en el sistema TDPS.	taller participativo – interactivo	Mesa 1. Carla Ibañez UBCP Mesa 2. Erick Loayza UBCP
11:00 – 12:00	Plenaria de trabajo de ambos grupos para conclusiones finales.	Interacción Directa	Carla Ibañez Luna UBCP
12:00 – 12:10	Clausura del Taller		MRE Bolivia

## Presentación del taller



**\* TALLER BINACIONAL  
ESTADO DE LA CONSERVACIÓN  
DEL GÉNERO ORESTIAS EN EL  
SISTEMA TDPS**

Presentado por: Carla Ibáñez Luna  
Erick Loayza Torrico

### Instituciones identificadas y actores clave

Cinco grupos de instituciones según el ámbito de acción y sus competencias en ambos países (Bolivia y Perú):

- I. Instituciones gubernamentales nacionales.
- II. Instituciones gubernamentales sub-nacionales (Gobernación y municipios).
- III. Organizaciones internacionales (Cooperación u Organizaciones No Gubernamentales - ONG).
- IV. Instituciones académicas - científicas.
- V. Asociación de pescadores

## Instituciones del Estado Plurinacional de Bolivia

### Ámbito de acción: Gubernamental Nacional-administrativa

N.	Institución	Sigla
1	Ministerio de Medio Ambiente y Agua	MMAyA
2	Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal	VMABCCG DF
3	Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego	VRHR
4	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras	MDRyT
5	Ministerio de Relaciones Exteriores	MRREE

6	Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra	APMT
7	Institución Pública Desconcentrada de Pesca y Acuicultura	IDP - PACU
8	Dirección Nacional de Biodiversidad y Áreas Protegidas	DGBAP
9	Unidad de Gestión Cuenca Katari	UGCK
10	Gobierno Autónomo Departamental de La Paz	GADLP
11	Gobierno Autónomo Departamental de Oruro	GADO

## Instituciones de la Republica del Perú

### Ámbito acción: Gubernamental Nacional-administrativa

N.	Institución	Sigla
1	Ministerio del Medio Ambiente	MINAM
3	Ministerio de la Producción	PRODUCE
4	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	OEFA
5	Ministerio de Relaciones Exteriores	MRREE
6	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado	SERNANP
7	Dirección General de Diversidad Biológica	DGDB
8	Ministerio de Agricultura	MINAGRI
9	Autoridad Nacional del Agua	ANA

## Institución binacional

Autoridad Binacional Autónoma del sistema hídrico del lago Titicaca, lago Popo y Salar de Coipasa - ALT

Una comisión Ad Hoc en 1992 se elaboro el Plan Global Director Binacional con el objetivo de ser un marco referencial integral para el desarrollo del sistema TDPS

## Institución binacional

En 1993 "Plan Estratégico Binacional para la Protección y Prevención de Inundaciones y el Aprovechamiento de los Recursos del TDPS"

Manejo de los recursos hídricos del TDPS para la prevención de inundaciones y la irrigación.

Desarrollo pesquero, agrupa propuestas de acciones en el TDPS en cuatro campos:

1. Evaluación de los recursos pesqueros, incluye la evaluación de los recursos pelágicos y litorales.
2. La investigación básica aplicada para el desarrollo de la acuicultura y capacitación y formación profesional.
3. Promoción y explotación, estudios de mercado promoción de productos pesqueros, recuperación y ampliación de áreas de reproducción de especies nativas y repoblamiento piscícola en cuerpos de agua.
4. Apoyo legal e institucional.

Instituciones sub gubernamentales pertenecientes al Departamento de La Paz, Oruro y Perú. Ámbito de acción: administrativa



Instituciones de cooperación internacional, organizaciones no gubernamentales y académicas de la Republica del Perú

N.	Institución	Sigla
1	Cooperación Técnica Alemana	GTZ (GIZ)
2	Agencia Japonesa de Cooperación Internacional	JICA
3	Word Wildlife Foundation	WWF
4	Wildlife Conservación Society	WCS
5	Conservación Internacional	CI
6	Universidad Nacional del Altiplano	UNA
7	Instituto del Mar Peruano	IMARPE
8	Instituto del Mar Peruano	IMARPE
9	Museo Nacional de Historia Natural	MNHN
10	Proyecto Espacial Para el Lago Titicaca	PELT



## Instituciones de cooperación internacional, organizaciones no gubernamentales y académicas del Estado Plurinacional de Bolivia

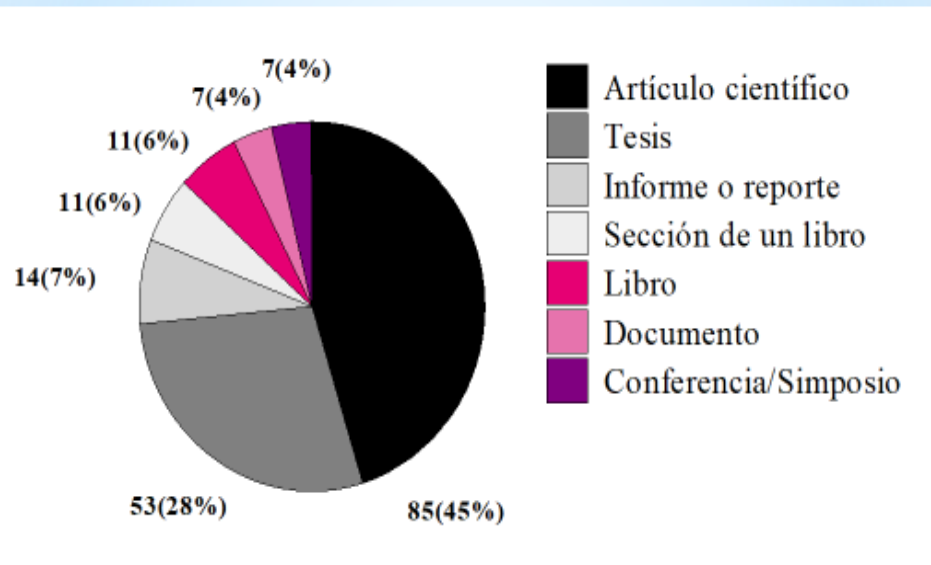
N.	Institución	Sigla
1	Cooperación Técnica Alemana	GTZ (GIZ)
2	Agencia Japonesa de Cooperación Internacional	JICA
3	Agencia Española de Cooperación Internacional	AECID
4	Instituto de Investigación para el Desarrollo	IRD
5	Liga de Defensa del Medio Ambiente	LIDEMA
6	Wildlife Conservación Society	WCS
7	Instituto de Investigaciones Aplicadas de los Recursos del Agua	FAUNAGUA
8	Conservación Internacional	CI
9	World Wildlife Foundation	WWF
10	Universidad Mayor de San Andrés - Instituto de Ecología	UMSA - IE
11	Universidad Mayor de San Andrés - Instituto de Hidrología e Hidráulica	UMSA - IHH
12	Museo Nacional de Historia Natural	MNHN
13	Universidad Pública de El Alto	UPEA
14	Universidad Técnica de Oruro	UTO

## Asociaciones de pescadores registrados en el Lago Titicaca en Perú y Bolivia

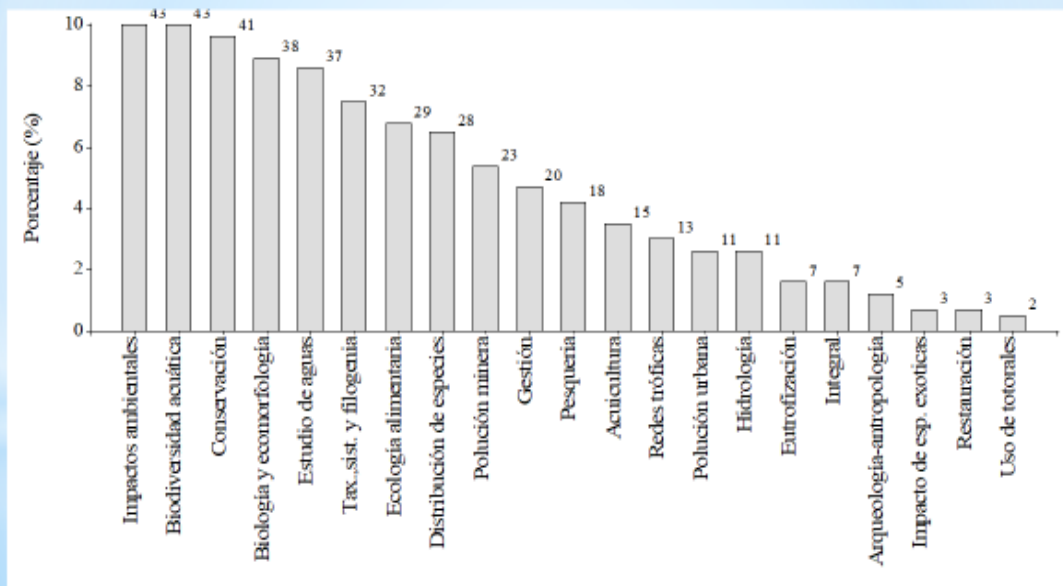
- ✓ Asociaciones 161 (Lino 2008)
- ✓ Aproximado total pescadores 8300
- ✓ 3000 mil embarcaciones dominio numérico el sector peruano
- ✓ Biomasa estimada 91000 toneladas
- ✓ Extracción anual 4600 y 7500 toneladas

Diagnostico Ambiental Sistema TDPS 1996 (Comité Ad Hoc ALT 1993)

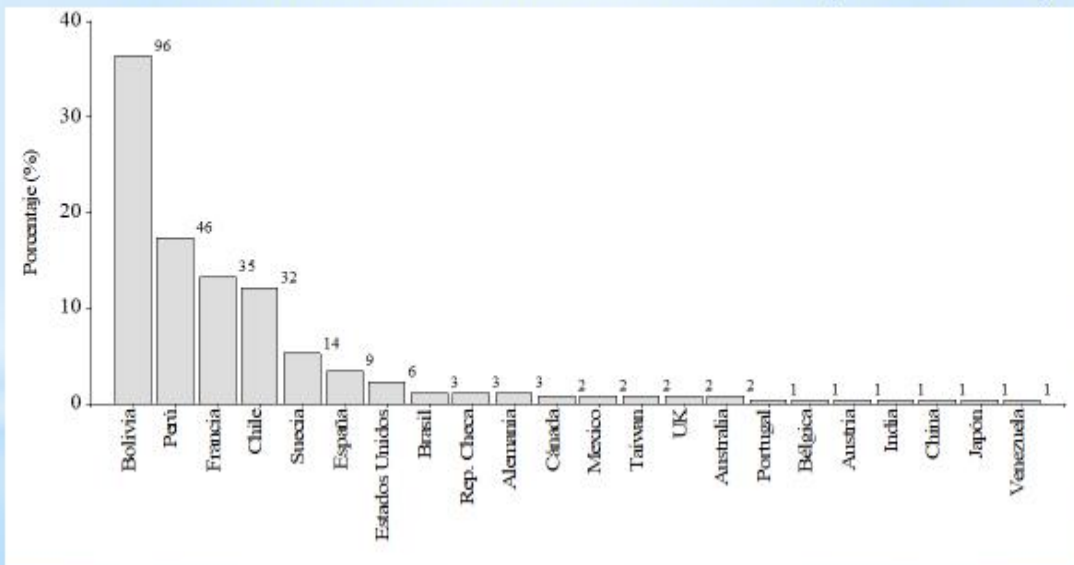
## Trabajos publicados entre 2000 -2020



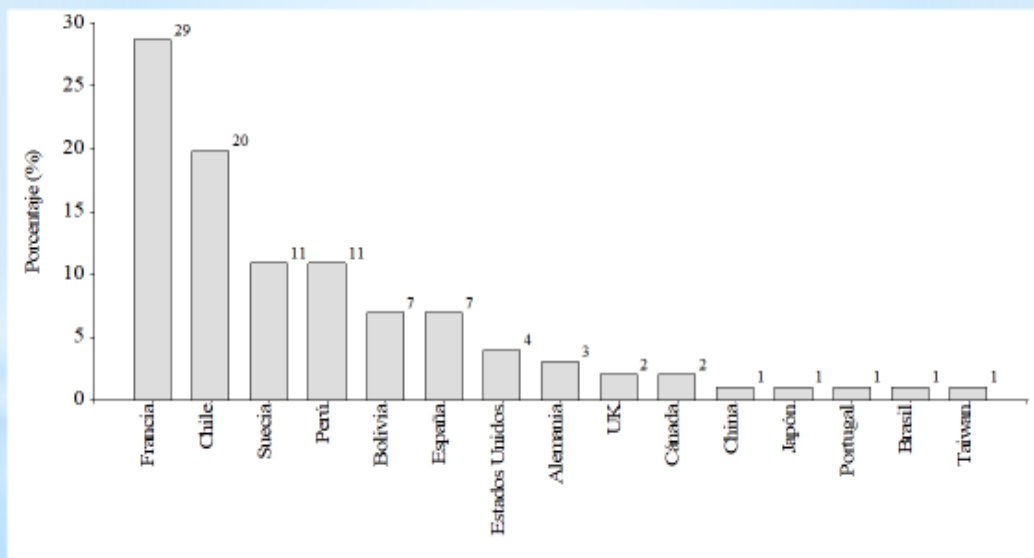
## Estudios publicados por temática



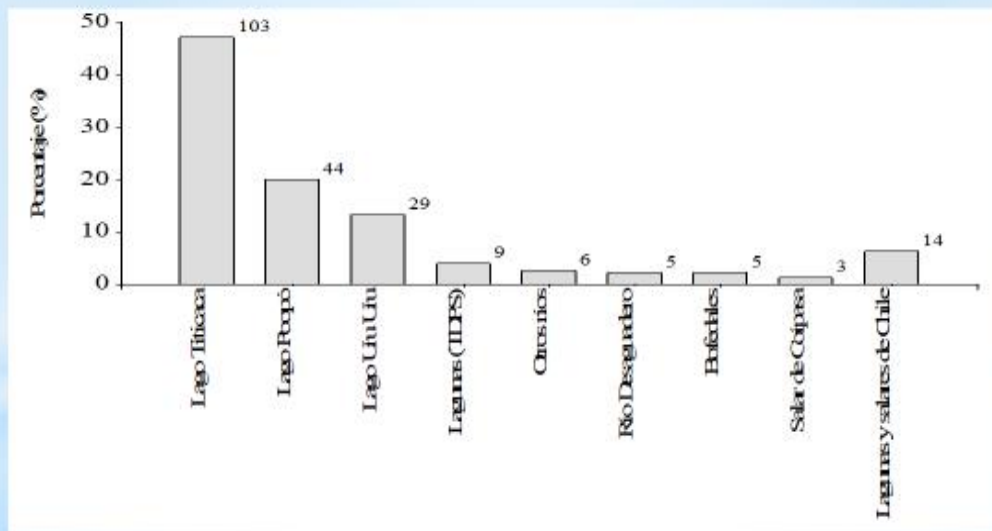
## Países de origen de las principales instituciones involucradas en los estudios evaluados (2000-2020).



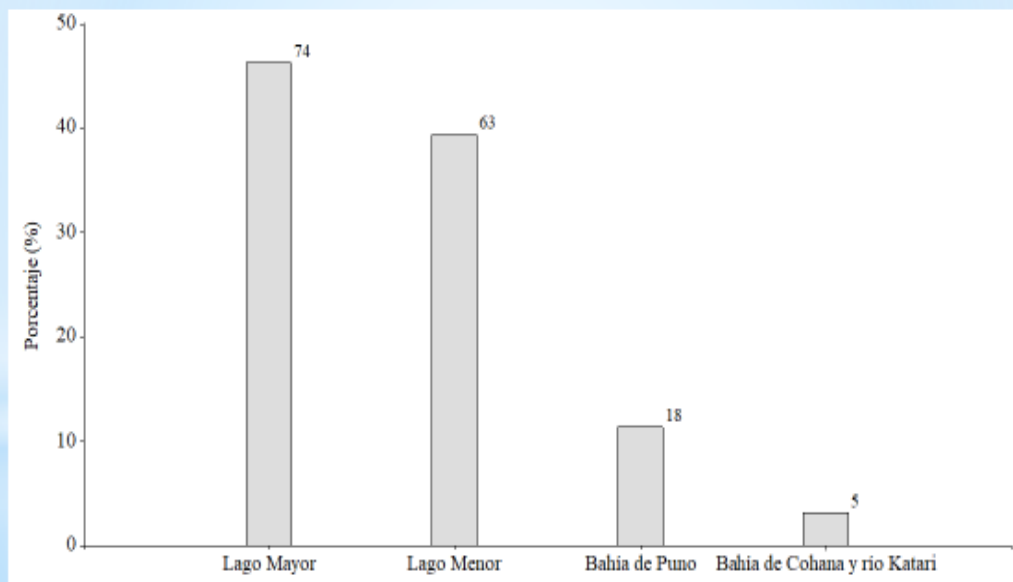
## Países promotores de la investigación en los estudios evaluados (2000-2020).






## Estudios realizados en los ecosistemas del Sistema TDPS y el Altiplano sur (Chile) (2000-2020).



## Estudios realizados en el ámbito del Lago Titicaca (2000-2020)



## Presentación de la metodología Sitios de muestreo

Lago Mayor: Puno, Capachica, Bahía del Río Ramis; Escoma Achacachi  
Lago Menor: Huatajata, Taraco (x).  
Poopó y Uru Uru

## Presentación de la metodología Trabajo de campo y laboratorio



Registro del peso total de la pesca y datos de la captura



Compra de la muestra (UBM)



Transporte de las muestras al laboratorio



Registro biométrico

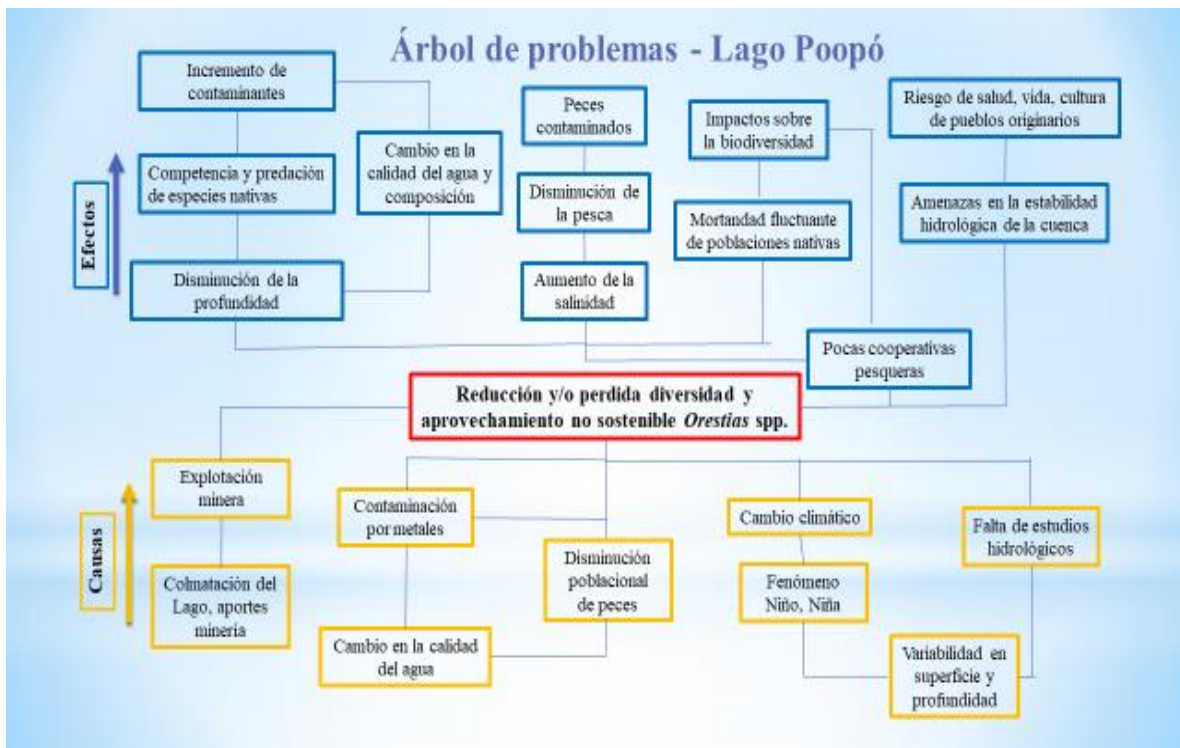
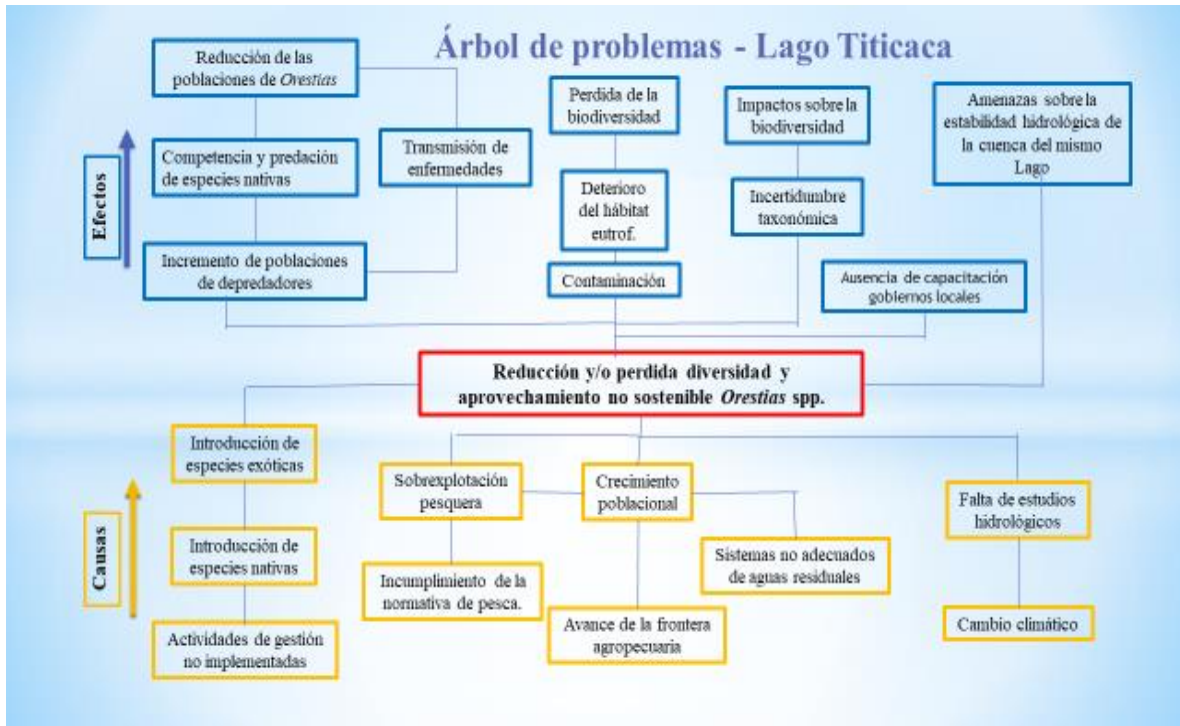
Estimación de la pesca en número

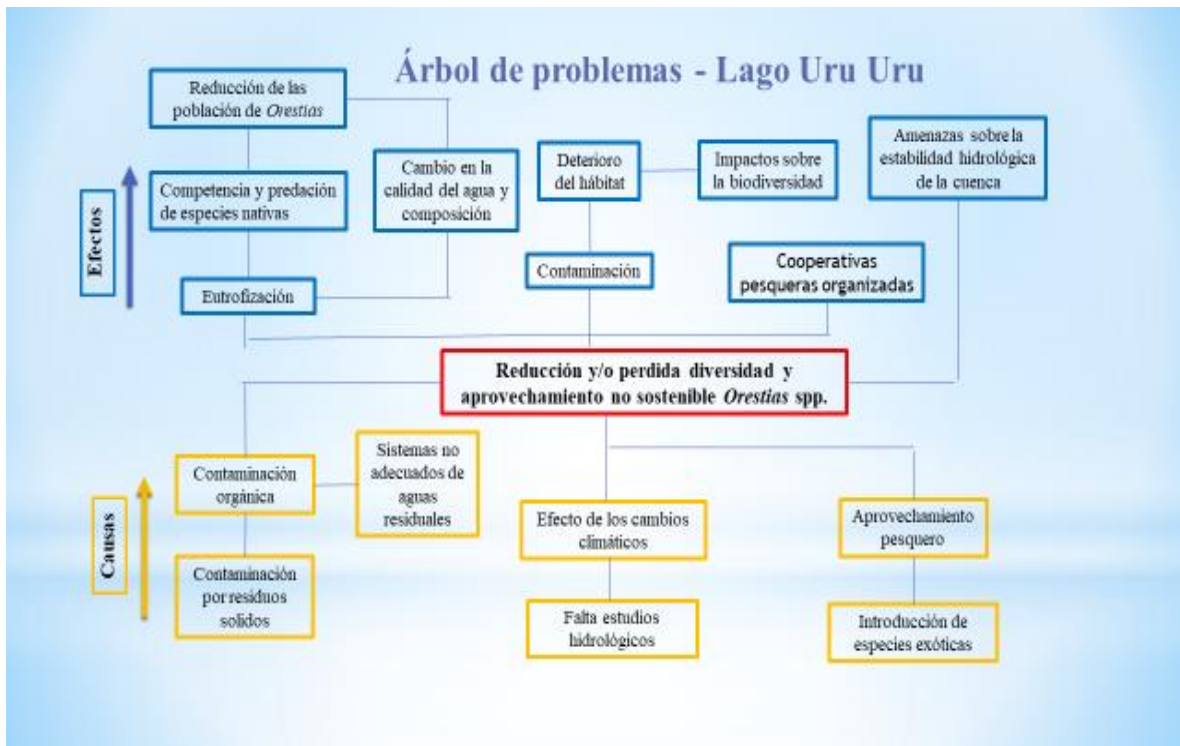


$C_i = Y/W_i$



Estimación de la abundancia relativa





## Mesa de trabajo 1

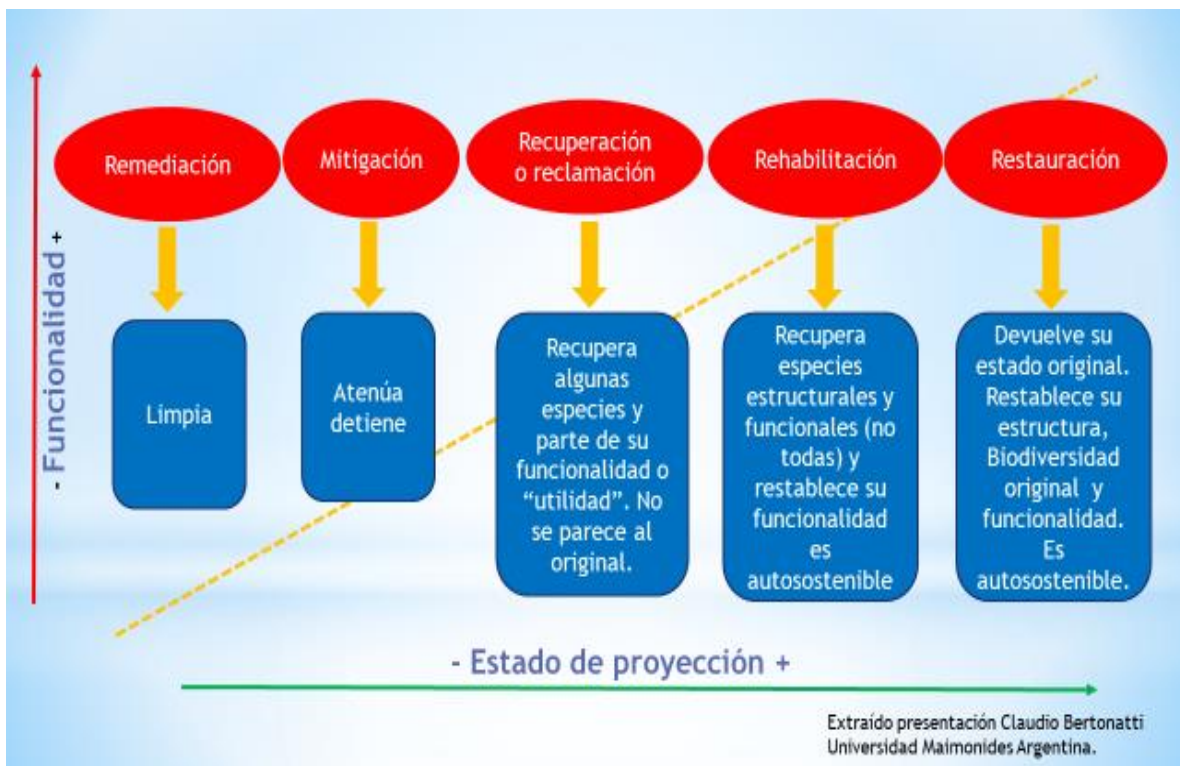
### Políticas de gestión de los recursos ícticos en el sistema TDPS.

- Marco legal, contexto institucional (definición de roles institucionales, biodiversidad vs. Recurso).
- Identificación de problemas actuales.
- Acciones a considerar para una adecuada gestión, corto, mediano y largo plazo.
- Necesidad de establecer actividades binacionales, organizaciones sociales, de difusión, capacitación, extensión, control, etc.
- Prioridades de actuación

## Mesa de trabajo 2

### Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros en el sistema TDPS

- Identificación de problemas actuales
- Desarrollo pesquero
- Acciones de conservación
- Aprovechamiento sostenible de especies nativas
- Fortalecimiento de programas de Monitoreo
- Análisis de las especies introducidas, situación actual





*Participantes al taller*  
**Representantes de Bolivia**

Nombre	Institución
<b>Julio Pinto Mendieta</b>	Instituto de Ecología – Unidad de Ecología Acuática
<b>Rolando Irahola Frías</b>	Responsable del Altiplano – IDP – PACU, MDRyT
<b>Martha Gutiérrez</b>	Coordinadora del Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UMSA
<b>Karina Rodríguez</b>	Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas – MMAyA
<b>Luis Guizada</b>	Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas – MMAyA
<b>Josef Rechberguer</b>	Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas – MMAy A
<b>Arturo Muñoz</b>	Universidad de Gante, Bélgica.
<b>Mirtha Velázquez</b>	Investigadora asociada Instituto de Ecología – consultora independiente
<b>Darío Acha</b>	Instituto de Ecología – Unidad de Ecología Acuática
<b>Xavier Lazzaro</b>	Investigador cooperación francesa IRD
<b>Jorge Molina</b>	Investigadora asociada Instituto de Ecología – consultora independiente
<b>Gloria Rodrigo</b>	Instituto Biología Molecular y Biotecnología
<b>Analia Guachalla</b>	Asistente Técnico Administrativo del Proyecto GIRH-TDPS
<b>Adriana Murillo</b>	Dirección General del Cuencas y Recursos Hídricos del MMAyA

**Representantes del Perú**

Nombre	Institución
<b>Diego Manyá</b>	Especialista para la Asistencia Técnica y Administrativa de la Dirección Nacional del Proyecto GIRH-TDPS.
<b>Frida Rodríguez</b>	Dirección general de Diversidad Biológica - MINAM
<b>Rene Chura Cruz</b>	IMARPE - Puno
<b>Ana Flores Corrales</b>	Ministerio de la Producción – Dirección General de Acuicultura
<b>Teófilo Pichilingue</b>	Ministerio de la Producción – Dirección General de Acuicultura
<b>Víctor Hugo Apaza Vargas</b>	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas - SERNANP
<b>Sabino Atencio Limachi</b>	Director Instituto Limnológico - Universidad Nacional del Altiplano
<b>Rene Alfaro Tapia</b>	Instituto Limnológico - Universidad Nacional del Altiplano
<b>Jessica Deichmann</b>	Investigadora Smithsonian Conservation Biology Institute
<b>Adilen Fernández</b>	Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca (ALT)

Nombre	Unidad de coordinación y consultores
<b>Danna Lara</b>	Coordinadora Binacional Proyecto GIRH - TDPS
<b>Eliana Ballivián</b>	Especialista en Comunicación del Proyecto GIRH - TDPS
<b>Omar Marca</b>	Especialista en Monitorio y Evaluación del Proyecto GIRH-TDPS

<b>Erick Loayza</b>	Apoyo Técnico en la consultoría
<b>Carla Ibáñez</b>	Coordinadora del Estudio Complementario 10

Presentamos a continuación la transcripción de los aportes realizados por los especialistas invitados al taller para la identificación de problemas complementarios o ratificar los que se encuentran en los árboles de problemas. Los trabajos realizados en las dos mesas han permitido plantear conclusiones de las posibles acciones binacionales preliminares, estas deben ser validadas y analizadas en mayor profundidad durante el segundo taller binacional para que se concreten como parte del Plan de Acción Binacional.

*Transcripción del aporte del taller por los especialistas*

*Plenaria general antes de las mesas de trabajo*

**Xavier Lazzaro – IRD.** Presento su proyecto piloto “Observatorio permanente del Lago Titicaca” que está muy relacionado al estado de conservación de las especies del género *Orestias*. La calidad del agua tiene efectos sobre las poblaciones de peces y la pesca. El observatorio permanente del Lago Titicaca en el Lago Menor en el sector donde se encuentra contaminado impactado por aguas residuales de la cuenca Katari. Se tiene tres estrategias combina investigación sobre la eutrofización respuesta de las microalgas del fitoplancton al aporte masivo de nutrientes y materia orgánica, entonces es un indicador junto con la clorofila son bioindicadores del estado de la calidad de agua.

Monitoreo con alta frecuencia mediante la boya hidrometeorológica, un programa de muestreo rutinario en la red de estaciones litorales poco profundas (< a 5 m) directamente influenciadas por la contaminación y por lo tanto deterioro de las zonas de desove y un sensoramiento remoto satelital que permite un análisis multitemporal de la condición del agua a escala global del lago menor.

Estudia toda la parte noreste del lago menor, en época de lluvia (efectos del cambio climático intenso), el río Katari tiene un efecto importante en el lago que va desde Cohana hasta la península de Taraco y también con efecto en la Bahía Cumana. Con imágenes satelitales un efecto en la parte sur por depósitos de basura de la Bahía de Cohana eso se debe acuerdos de Cohana y Chojasivi para desviar las aguas hacia el sur, en época seca los efectos son mayores se observa destrucción del cinturón vegetal (zonas de desove de los peces).

**Rene Chura IMARPE.** Pérdida de la diversidad según las pescas realizadas por el IMARPE causas fluctuación de los niveles del Lago Titicaca, pérdida de la cobertura zona costera. El nivel del lago favorece. El tema truchicultura, las jaulas están a 10 metros de profundidad donde se desarrollan las *Orestias* está alterando su hábitat cerca de Puno cerca al muelle Barco que era de importancia pesquera sobre todo por la presencia de *Orestias luteus* ahora no hay, la hipótesis es que la truchicultura afecta a su hábitat, las heces, los medicamentos y el alimento y contaminación acuática el río Cohata en la bahía de Puno, el río Ramis, el río llave con contaminación minera son fuentes que generan causas de menos recursos en diversidad y disminución poblacional. Ahora en los mercados como Puno, Juliaca y la parte sud ya no se ven los peces grandes como los caraches: el

luteus, agassi, albus, frontosus, el gilsoni, el ispi el tchernavi. El objetivo es el estado de conservación si uno revisa la lista roja de la UICN la mayoría está en estado vulnerable, estado crítico y otros en proceso de extinción como la boga el suche y el umanto, plantear estrategias de conservación en ambos países tengamos acuerdos urgentes y podamos frenar la reducción de *Orestias*, acá por ejemplo el carachi amarillo y el carachi gris ya se ven reducidos, en cantidades mínimas en los mercados, yo considero importante proponer propuestas de solución para un manejo sostenible en el tiempo.

Tres ríos que ingresan al lago Titicaca son los más importantes, la parte norte está el río Ramis es el más importante en caudal y el también el más importante en aporte contaminantes de la minería, se ha observado metales pesados en la musculatura de los peces, en el río de Cohata cerca de la ciudad de Juliaca se ha observado contaminación de la minería y de aguas servidas, se ha visto en las *Orestias* con problemas de abundancia y disponibilidad, en la parte sur el río llave y la ciudad del mismo nombre llave vierten sus aguas servidas al lago Titicaca y se está observando problemas de hábitat en esa zona, son causas que se deben considerar y en tiempo hacer estudios y detener el impacto real de estas fuentes de contaminación.

**Diego Manyá.** Un tema es la calidad del agua en relación a lo mencionado por Xavier, la calidad del agua y su monitoreo implica una serie de procesos serie de actividades selección de parámetros de monitoreo pasando por los métodos etc. Sería importante aprovechando la recopilación de información se pueda hacer una identificación de algunos parámetros particularmente relevantes que puedan servir de indicador de referencia del estado de la especie en su conjunto. Cuando esto se traduzca en lineamientos de gestión todo el proceso de monitoreo en el sistema TDPS pasa también por otras instituciones que no necesariamente están implicadas en la gestión del recurso pesquero como tal con el género *Orestias* o no necesariamente vinculadas actividades de conservación de biodiversidad en sí mismas, entonces si va ser necesario identificar puntos de enlace, por ejemplo, a través de la identificación clara de que parámetros pueden ser relevantes o que fenómenos adicionalmente pueden ser importantes en ese sentido, por ejemplo la metalidad del agua y el nivel del lago o la presencia o reducción de otro tipo especies vegetales que a lo mejor son materia de observación de otras instituciones como por ejemplo el SERNAN que dentro de su ámbito de trabajo realizan monitoreos bastante específicos del estado de la totora en esa zona.

**Gloria Rodrigo.** Estudios genotoxicológicos y ecotoxicológicos, estoy plenamente de acuerdo los estudios de calidad de agua no a nivel de detectar trazas de plaguicidas o metales pesados o qué tipo de contaminantes está presente en el agua y que cantidades están presentes, eso está bien porque nos dice cuanto hay, pero no nos dice exactamente cuál es el efecto sobre los organismos vivos porque los organismos lamentablemente o positivamente en este caso se van adaptando a las nuevas condiciones de su medio ambiente, por lo tanto las cantidades que pueda medir en determinado momento pueda que para otro momento ya no sean tóxicas y que no tengan efectos sobre los organismos vivos, por lo que sugiero que se debe combinar los estudios no solamente los estudios físico químicos de la calidad de agua, sino los estudios a nivel de efecto biológico y para eso están los estudios ecotoxicológicos o genotoxicológicos, porque ambos estudios porque en principio los estudios ecotoxicológicos nos van a mostrar si esas concentraciones que estamos

partiendo de que son mezclas complejas y esas mezclas complejas es mucho más determinar qué tipos de elementos están presentes y peor aún establecer quienes están haciendo sinergias o antagonismos para tener efectos sobre el organismo biológico, entonces la forma indirecta de medir es a través de la utilización de un bioindicador y un bioindicador puede ser un planta puede ser un organismo que vive en ese medio por ejemplo los peces son buenos bioindicadores, los macroinvertebrados incluso el fitoplancton y el zooplancton son buenos bioindicadores de la calidad del agua. Entonces yo pienso que hay que medir haciendo ambas cosas, medir la cantidad o hacer el estudio físico químico de la calidad del agua y a la par utilizar un bioindicador en el que se pueda decir ¿estas cantidades están afectando a qué? A la fertilidad a la viabilidad de esos organismos, están afectando a alguna característica en particular, puede ser que solo le afecte por ejemplo a la capacidad de nado, en ese caso esos peces se desplazarán menos, si tienen el alimento disponible pues sobrevivirán sino esa población estar destinada a morir, por ejemplo, ese tipo de cosas hay que medirlas y son de respuesta inmediata y podemos observarlas y luego están los estudios genotoxicológicos que en realidad estos son los que nos miden el efecto de esos contaminantes pero en cantidades pequeñas en trazas que va afectar al material genético y esto va incidir directamente en la viabilidad del organismo porque si estos compuestos pueden modificar el material genético de la especie obviamente van a dar proteínas alteradas, procesos celulares alterados, por lo tanto el metabolismo propio de todo el organismo al afectarse va afectar a la sobrevivencia de ese organismo, por eso yo pienso que se deberían hacer ambos, en los proyectos que nosotros estamos realizando hemos contemplado siempre estos dos aspectos y hemos tratado de confrontar los datos de estudios físico químicos con los datos biológicos, no siempre lo hemos podido hacer porque hay datos en otra época, no siempre se han hecho el mismo tiempo los análisis, el último estudio que hicimos para la cuenca Katari si se puede hacer ambas cosas y a futuro en el proyecto que estamos haciendo para el lago Titicaca también estamos contemplando realizar este tipo de estudios y hacer ese tipo de relación para poder exactamente decir la calidad del agua o la salud del agua en que viven estos organismos es buena o es mala, obviamente esto va afectar directamente a la conservación a la diversidad de las especies que están viviendo en ese ecosistema

**Darío Achá.** Quiero complementar ambas cosas lo que mencionaba Gloria es importante cuando tenemos contaminantes en niveles subletales que se hagan estos estudios genotoxicológicos y ecotoxicológicos porque en niveles subletales podemos tener efectos importantes yo creo que estamos muy de acuerdo con lo que ha dicho Gloria, sin embargo, hay que tomar en consideración varios aspectos y esto lo hemos podido ver durante el bloom del 2015 en el cual ha habido mucha mortandad incluido *Orestias* debido al incremento de sulfuro de hidrogeno, entonces se tiene que ampliar el monitoreo más allá de los elementos clásicos y tenemos que entender mejor el ecosistema y saber qué elementos son importantes de monitorear a que elementos se debe hacer un seguimiento sobre su concentración y en esos destacan por los estudios que hemos venido haciendo, azufre y sulfuro de hidrogeno en particular porque dadas las condiciones puede llevar a concentraciones tan altas que simplemente no hay necesidad de hacer estudios ecotoxicológicos porque acaba con todo el oxígeno de la columna de agua y los peces terminan pereciendo además de que es neurotóxico. Otros elementos que hay que monitorear de forma más cuidadosa son el mercurio y el arsénico que en este momento son niveles relativamente bajos en el lago Titicaca,

pero podríamos ver qué es lo que va a pasar si miramos los resultados de las publicaciones hechas sobre el lago Uru Uru en este lago que tiene características semejantes varias porciones del lago menor o de la bahía de Puno podemos ver lo que podría pasar básicamente con la contaminación metálica particularmente el arsénico y el mercurio que son muy importantes para los peces ya que se pueden acumular ambos en estos organismos y exponer de esta forma a la gente, además de generar cambios importantes en el medio ambiente, creo que en el caso del lago Titicaca es fundamental considerar el tema de sulfuro de hidrogeno y su variación diaria porque si bien durante el día los niveles pueden ser relativamente bajos es durante la noche que los niveles pueden subir a niveles alarmantes y reducir todo el oxígeno de la columna de agua y esto es realmente alarmante porque esto haría que los sitios de desove de las *Orestias* se vuelvan anaerobios durante la noche y probablemente mataría a todos los huevos, las *Orestias* podrían alejarse a zonas más profundas y escapar de este anaerobiosis pero obviamente sus huevos no pueden hacerlo entonces es algo que hay que tomar mucho en consideración.

**Consultora.** Estamos todos de acuerdo en que la calidad del agua debe ser monitoreada, en algo que coincido y quería retroceder y me olvidaba lo que decía Rene Chura es de que no sabemos con exactitud el número de especies. Los trabajos que se han ido presentando en genética del lado peruano y boliviano y por los españoles que han trabajado con la Universidad del Altiplano no está claro las especies que hay y cómo avanzan las metodologías de genética vuelven a salir nuevos resultados que no necesariamente son contradictorios, pero de hecho todo el mundo se sigue basando en la clasificación de Parenti con 23 especies, pero no se encuentra todas especies, nosotros solo hemos confirmado 7 con la clave. Otro aspecto que discutíamos con los colegas del IMARPE es que seguimos y seguimos haciendo pescas por diferentes instituciones y consultorías y son especies que están en el libro rojo, entonces normalmente debería haber una normativa incluso para las pescas para su uso sostenible incluso para seguir haciendo los monitoreos. El IMARPE es una de las instituciones muy fortalecidas que hace el monitoreo de la parte biológica, pero es del lado peruano.

**Rene Chura.** Si quería comentar sobre lo de Parenti muchas especies en el lago Titicaca y otras especies en la cuenca desde Peru hasta el norte de Chile, muchas especies son numerosas, sin embargo, muchas especies no son de pesquería son pequeñitos no se pescan a excepción del carachi amarillo, el carache gris, el carache blanco, el carache *Orestias frontosus*, la boga y el resto imagino debe estar ahí no sabemos, yo sé que hay muchos problemas de identificación de especies las claves varían por autor tenemos una clave de Parenti, una clave de Lauzzane y muchos estudios que a través de métodos merísticos biométricos como lo hizo Parenti y Tchernavin hace muchos años atrás y muchos estudios genéticos, son temas que creo vamos a seguir discutiendo año a año y nunca vamos a llegar a poner de acuerdo de cuantas especies hay para el lago Titicaca y de *Orestias* tenemos 23 no se 40 es un tema importante, una posición indicaba que el tema de *Orestias* es reciente es un tema evolutivo, parece que las *Orestias* en el lago recién están evolucionando y eso es un problema para tener especies identificadas claras, parece que cada año hay especies nuevas, entonces desde el punto de vista de manejo es un problema súper serio. Por ejemplo, el IMARPE da medidas de manejo por especie no se la época de captura, las temporadas de veda, las medidas de manejo es un problema porque no sabemos cuántas especies tenemos para el lago Titicaca de

*Orestias* y eso va seguir generando problemas de aquí para adelante. Quiero indicarle yo he estado en varias lagunas en la parte peruana, he estado por ejemplo en lagunillas, he estado en Umayo, en Pacharilla lagunas alto andinas incluso lagunas de Chuypia, Ananta en varias lagunas que ni Parenti ni otros autores han estudiado esas lagunas y en esas lagunas tenemos *Orestias* probablemente sea del grupo agassi del complejo agassi están ahí y no son aprovechados y creo que son importantes fuentes de reserva genética de *Orestias* en estos cuerpos de agua, Sostoa ni el japonés no han llegado, solamente han validado lo que estudio Parenti y otros autores, en cambio creo que tenemos una riqueza de diversidad íctica de *Orestias* en gran parte de las lagunas alto andinas que nunca se han hecho estudios de taxonomía como reitero en Chuypia, Ananta, Pacharia hay diversidad de *Orestias* creo que nadie conoce esto puedes considerarlo en tu informe como recomendación hay que hacer estudios posteriores a este trabajo para que tengamos identificados la riqueza íctica nativa tanto en la parte boliviana en la parte peruana, hablo esto en la parte de Puno, toda la sierra del Perú, Cuzco, Ayacucho, un estudio por ejemplo en el lago Junín hay también *Orestias*, entonces nuestra diversidad de *Orestias* es bastante amplio.

**Consultora.** Sobre lo menciona quien haría esos estudios en grupos de trabajo, me lleva a pensar en otros aspectos que es la parte de gestión, el monitoreo es importante, pero la parte de gestión el rol de esos niveles jerárquicos como serian.

**Arturo Muñoz.** Era un comentario extra conocer la taxonomía de cuantas especies, hay varias amenazas que no discriminan especies, por ejemplo, todo lo que agarran los pescadores capturan todo incluidas las especies grandes y pequeñas incluso las utilizan para alimento de las truchas, yo creo que algunas amenazan se pueden generalizar para todas las especies y algunas más específicas de especies que se está trabajando en conservación, otro aspecto que se debe tomar en cuenta, no solamente la especie en sí pero también el hábitat o toda la cadena trófica que está por lo menos debajo de esta especie porque puede ser que todas condiciones físicas sean las adecuadas para las poblaciones de la especie pero las biológicas no, que pasa por ejemplo si algunos de los ítems alimenticios de las *Orestias* falta entonces toda la población va a declinar, son aspectos que no sé cómo se pueden poner en este árbol de problemas.

**Darío Achá.** Tal vez, aunque es un tema fascinante el de la taxonomía y tiene mucha importancia, para poder dar solución y proteger al grupo desde un punto de vista más genético utilizar con el ADN ambiental tratar de poder jalar más que todo la información necesaria para hacer un seguimiento de las poblaciones y la información necesaria para la biodiversidad ya que con el ADN si lo hacemos con secuenciación podemos tener una idea quizás no vamos a saber si son o no diferentes especies pero vamos a poder monitorear cambios en la diversidad de la comunidad de *Orestias*, entonces creo que esta podría ser una alternativa además para seguir en paralelo la diversidad de las presas y de la comunidad entera de la cadena trófica que está relacionada a las *Orestias* y creo que es algo que habría que discutir y considerar como una buena posibilidad con este proyecto belga.

*Mesa de trabajo 1: Políticas de gestión de recursos ícticos en el sistema TDPS*

Se presenta los puntos a tratar y se consulta sobre la pertinencia:

- Marco Legal, contexto institucional
- Identificación de problemas actuales
- Acciones a considerar para una adecuada gestión, a corto, mediano y largo plazo
- Necesidad de establecer actividades binacionales, organizaciones sociales, difusión, capacitación, extensión, control
- Prioridades de actuación

**Rene Chura.** Para adicionar algo de las Orestias que conocemos en la actualidad hay dos grupos, un grupo que se aprovecha en la pesquería y otro grupo que no se pesca por el tamaño son especies muy pequeñas como *O. taquiri*, *O. mooni*. La gente en los mercados solo vende especies grandes, en Perú están prohibidas esas especies pequeñas para ser comercializados y no pueden ser comercializados, hay una veda ósea no se puede comercializar, pero como son tan parecidos a veces se confunde con juveniles de carachi amarillo o carachi gris, pero son en imagino, pero también pueden ser otras especies pequeñas la parte peruana. La parte normativa en Perú ya está establecida en gran parte, en la Constitución Política del Perú hay un artículo específico que da garantías a un uso racional de los recursos naturales, después la ley de pesca por lo menos para peces que son aprovechados para la pesquería y bueno la institución que hace temas de investigación es el IMARPE en Perú, quien da las medidas de manejo como las tallas extractivas, los tamaños de malla que deben usar los pescadores incluso las áreas de pesca donde deben pescar los pescadores y ese tipo de información para manejo y gestión pesquera, de momento también damos la biomasa para el lago Titicaca, pero sabemos cuanta biomasa tenemos para el recurso ispi. No se hace ese tipo de medidas, pero tenemos información sobre biomasa de ispi y carachi amarillo y gris.

**Mirtha Velásquez.** Respecto a las políticas de gestión en Bolivia tenemos la ley de pesca que se ha formulado el año 2017 recién, estamos definitivamente retrasados en relación al Perú en cuanto a normativas de pesca, calidad de agua y demás, Perú viene actualizando frecuentemente con el establecimiento de sus ECAS sus categorizaciones y demás, en relación a ello nosotros podríamos hacer comparaciones con lo que tenemos en reglamentación en materia de contaminación que conocemos como las aptitudes de uso que son de la categoría A a la D, que para Perú serían las correspondientes ECAS, también se ha avanzado en la reglamentación de la ley de pesca, las entidades competentes para la gestión de recursos acuáticos como la naval y otras, sin embargo todavía no se ha formulado y no se ha llegado a establecer ese reglamento y bueno entre esos se podría decir que los avances más relevantes es que había una clasificación especial para lo que son los recursos ícticos en función a los ecosistemas que tiene Bolivia y estaba bastante separado la gestión de recursos ícticos de lo que es el sistema TDPS que es todo el ámbito altiplánico de Bolivia, se tenía avances de lo que era cuestiones específicas de control, monitoreo o roles y funciones sin embargo, también al respecto no olvidemos que ya las instituciones públicas sobre todo ya tienes establecidos sus roles sobre sus funciones tanto en la parte boliviana como en la parte peruana aunque mucho más avanzado en la parte peruana sobre todo y ahí el rol principal es del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), con el programa PACU ahí hay una complementación para lo que es la gestión para la conservación más que todo con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua

(MMA y A), por eso en su momento hemos estado metidos en la formulación de estas leyes y son los avances en las políticas de gestión de los recursos hídricos en Bolivia. En la identificación de los problemas actuales hay diagnósticos que se han hecho a diferente nivel tanto de cuestiones taxonómicas, cuestiones de la reducción de las poblaciones un poco también asociados a lo que son los ecosistemas y demás, pero en Bolivia tenemos sobre todo el gran problema en la parte del Poopó y Uru Uru de la reducción del espejo de agua y la correspondiente desaparición en cierto año del lago Poopó, ahí hay una serie de problemas sobretodo relacionado a cuestiones minera que están aportando con grandes contaminantes sobre todo sedimentos a esta región tanto al Uru Uru como al Poopó.

**Consultora.** IDP PACU es el similar al IMARPE, no esta tan fortalecido como el IMARPE, ni a nivel de infraestructura, de personal y financiero. Se debe reflexionar en el momento de hacer gestión será relevante. Por otra parte, otro aspecto que se debe tomar en cuenta es que tenemos una Autoridad Binacional como deberían ser las estrategias transfronterizas y que deben estar establecidas por esta institución, esto también se debe considerar en un plan binacional.

**Mirtha Velásquez.** Es una debilidad a nivel de los dos países y tenemos un montón de normativas la capacidad es limitada por los recursos económicos, en este caso en Bolivia está establecido el control y monitoreo como un rol y competencia de las Fuerzas Armadas Navales, mientras que el PELT, MINAGRI el IMARPE y la misma Universidad del Altiplano de alguna manera establecen alianzas que les permite trabajar paralelamente, eso es lo que no se está concretando de forma coordinada en Bolivia de manera que los recursos disponibles sean más eficientes en su uso y logren avanzar en lo que es la gestión de los recursos hídricos como tal que involucran las especies endémicas que están en el sistema TDPS, entonces ahí incluso me gustaría escuchar a los colegas peruanos de cómo están haciendo ellos para que con las entidades que tienen y los recursos que se asignan o logran están logrando avanzar, aun considerando que también hay situaciones conflictivas como en la bahía de Puno en cuestiones de contaminación, pero paralelamente que el monitoreo se va realizando prácticamente a diario y los boletines y los reportes que sacan tanto el IMARPE como el PELT son diarios, mensuales y trimestrales, entonces permite hacer una evaluación continua y constante de cómo se están dando los cambios y tomar medidas que pueden reflejarse en diferentes niveles de normativas o acciones a seguir.

**Consultora.** Estamos hablando entonces de soluciones localizadas y a corto plazo.

**Sabino Atencio.** Voy a tratar de comentar algo general y luego puntualizar, Bolivia esta disminuida en cuanto a la parte de normativa no debemos minimizar cada quien hace lo que puede. Si bien Perú tiene su ley de recursos hídricos 338, tiene su ley de pesca y acuicultura preguntémosnos funcionan esas bonitas leyes, en Puno ustedes han mostrado inclusive cuantas instituciones tenemos la Universidad, el PELT, la marina, el ALT, el IMARPE tantas, pero realmente de todos asumimos nuestras competencias, no posiblemente porque queramos o no queramos porque hay una serie de limitaciones inclusive me permito comparar Puno está a muchos cientos de kilómetros de Lima y en Lima toman las decisiones, mientras que en Bolivia la Universidad está en La Paz, Oruro está cerca de La Paz, por lo que pienso que en decisiones hay cierta ventajas si hablamos de cualquier tema. Por otra parte, al hablar de gestión implica muchas cosas, implica manejo,



planificación, administración todo ello. Entonces es un término que integra el conocer, el saber inclusive el aplicar y también en cuestión reitero creo que cada país ha hecho lo que está a sus posibilidades y lo que falta es la continuidad de todos los esfuerzos, por ejemplo, este evento se va hacer ahora mañana o pasado mañana seguramente va quedar ahí (se cortó el video).

**Consultora.** Es cierto que el lago menor tiene mayores problemas que el lago mayor, pero a la larga sino tomamos las acciones respectivas podrá reflejarse similares efectos a los que ya observamos en el lago Poopó, en la que la seguridad alimentaria se ha visto afectada, hay gente que dependía de los recursos pesqueros y que actualmente ya no dependen porque las poblaciones de peces fluctúan en el tiempo, incluso han llegado a desaparecer. Esos estudios sociales son necesarios, es importante el estudio del estado de conservación, pero a mi criterio también la parte social es importante el lago Titicaca, estas poblaciones humanas se están dedicando a otras actividades, implican ampliar el espacio agrícola, extraen totora para alimentar a su ganado, al extraer la totora están afectando la zona de desove de las Orestias, entonces ese estudio social antes de que pasemos a que no haya peces por lo menos en el lago menor es importante que se lo haga, no solo número de embarcaciones, números de mallas, sino también cuanto se ha ampliado la mancha rural, cuanto se ha ampliado la franja agrícola, etc. Porque todas estas actividades también contribuyen a la eutrofización del lago menor y las zonas de desove, son estudios complementarios. Por otra parte, la fiscalización lo hacen los gobiernos locales, pero como lo menciono el colega Sabino Atencio está más controlado, pero también hemos visto que cuando hay época de veda en el lado peruano, vienen al lado boliviano a hacer pescas, si se ha visto que hay más control de las Fuerzas Navales ya piden permiso y que son procedimientos que se sacan del Ministerio, pero aun todavía no están bien estructurados. Debería haber la parte de incentivos, pero de educación a las fuerzas armadas, gobiernos locales y gobernación si es el caso, un plan binacional también debería considerar este aspecto, entonces fortalecer la educación ambiental.

**Frida Rodríguez.** Es una línea muy importante que debe estar dentro de este plan es la sensibilización de las normas y que medidas existen para poder justamente ayudar a que la población y las autoridades den fiel cumplimiento de esto porque eso al final conlleva a la conservación de la biodiversidad del lago, entonces es importante que se lleve a cabo esta concientización a toda la población y un fortalecimiento de capacidades a todas las autoridades porque se tiene que tomar en cuenta en los gobiernos regionales y locales hay cambios del personal, incluso a nivel de gobierno y eso conlleva a estos cambios de funcionario a nivel medio y técnico, por lo que se debe considerar una constante capacitación a los gobiernos y a la población, además se debe hacer conocer la variabilidad que existe por el cambio climático fenómeno Nino y Nina que repercute y que eso también hay que difundirlo y además si se está dando un desorden en la ubicación de los usos económicos y de la parte urbana, de construcción de sus alcantarillados, desagües que también habría que tomar en cuenta.

**Mirtha Velásquez.** Es importante la parte de comunicación en general, sería también relevante la elaboración de procedimientos resumidos que reflejan las normativas vigentes respecto a la gestión de los recursos hídricos e ícticos como tal para ambos países y sería mucho más importante también tratar de lograr un procedimiento estándar para ambos países considerando que el lago Titicaca es

único y continuo y ya en cuestiones de otros sistemas de agua de diferentes regiones es más complejo, por ejemplo el lago Poopó y el lago Uru Uru están bajo la jurisdicción de la gobernación de Oruro y que tiene ya establecidas sus propias normativas para su gestión departamental pero para el lago Titicaca que sería la cuenca central sería interesante generar un procedimiento de control con los roles que se resalten de forma análoga en diferentes tipos de instituciones que están involucradas en lo que es la gestión del lago Titicaca.

**Frida Rodríguez.** Es importante lo que has mencionado el trabajo conjunto binacional va ser establecer medidas de ordenamiento como las épocas de veda, las tallas mínimas, establecer protocolos y monitoreos y también la compilación de información estandarizada para poder hacer reuniones binacionales consensuar toda esta información acoplarla y hacer un análisis más fluido que tener metodologías diferentes que complica un poco, mejor desde la toma de información ya estén establecidos los protocolos.

**Consultora.** Que les parecía hacer un relevamiento de las actividades agropecuarias, uno por lo que se desecha que son aportes de nutrientes y otro que utilizan mucho la totora, decimos ha crecido, pero no sabemos cuánto ha crecido, tanto del lado peruano y boliviano.

**Mirtha Velásquez.** No solo cuanto a crecido, sino también un relevamiento espacio temporal del cambio del uso suelo que ha ido dando en el sistema TDPS que no involucra solamente la actividad agrícola, sino también la actividad minera, el crecimiento de las manchas urbanas el establecimiento de comunidades nuevas, etc. Que puedan dar un diagnostico espacio temporal de por lo menos los últimos diez años.

#### *Mesa de trabajo 2: Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros en el sistema TDPS*

Se presenta los puntos a tratar y se consulta sobre la pertinencia:

- Desarrollo pesquero
- Acciones de conservación
- Aprovechamiento sostenible de especies nativas
- Fortalecimiento de programas de monitoreo
- Análisis de especies introducidas – situación actual
- Investigación básica es necesaria

**Consultor.** Durante el análisis del árbol de problemas hemos visto que hay problemas que se comparten para los lagos el tema de contaminación y reducción de la población además del tema de perdida de hábitat, si bien los problemas se comparten en algunos casos más que nada el Uru Uru y el Poopó tienen otro problema extra que es la desertificación para el Poopó y la contaminación para el Uru Uru, podemos discutir y anotare los planteamientos para las líneas de acción binacionales.

Diego Manya. Aprovechando la presencia del Ministerio de la Producción que están bastante vinculados al proceso de la actividad acuícola justamente uno de los problemas que se vieron en el árbol de problemas era la presión de la actividad en si misma con respecto a la presión sobre las especies del género *Orestias*, había una superposición entre las áreas donde se realiza la acuicultura y las zonas de reproducción de *Orestias*, por el otro lado también tenía que ver con el uso, las formas de acuicultura que en algunas oportunidades podrían hacer que las especies que están siendo cultivadas sean depredadoras de las especies nativas como es en este caso es las *Orestias*, como es el caso de la trucha hay mecanismos de acuicultura un poco mas no tanto a nivel de jaulas sino otros mecanismos que podrían generar algunas dificultades de este tipo. No sé si podría ser un punto que podríamos conversar, la gestión de la actividad acuícola hay elementos que podrían ayudar a reducir la presión sobre las especies.

**Consultor.** Si estamos viendo este aspecto con otro proyecto que se mencionó, se hay un efecto no está bien descrito de la contaminación que producen las jaulas deberían ser móviles ser móviles tanto las industriales como artesanales, pero en muchos casos estas jaulas no se desplazan, entonces se va acumulando la precipitación de los alimentos que no han sido consumidos por las truchas y esto va generando un enriquecimiento de los fondos que afecta la vegetación y por el otro la presencia de las *Orestias* en esos lugares, creo que por una parte seria identificar las acciones para mejorar el tema de la acuicultura y por otro que mencionabas también y lo que habíamos dicho en la exposición es el uso de *Orestias* como alimento, en la parte boliviana se ve poco ispi porque se utiliza para hacer secar y a partir de eso utilizarlo como alimento de engorde en las jaulas artesanales, el alimento que se produce en Bolivia no creen que está bien elaborado y comprar de la parte peruana les resulta muy costoso, la alternativa que se utiliza en varios lugares es pescar *Orestias* y utilizarlas como alimento, entonces fuera de la presión de pesca que existe normalmente se está incrementando para alimentar a las truchas, entonces las acciones que están claras a considerar es el tema de una correcta gestión de la acuicultura.

**Víctor Hugo Apaza.** Si queremos conservar debemos empezar por respetar las normas y en lado peruano las normas están claras y bien establecidas y lo que falta es de repente la capacidad de poder hacer mayor control sobre las normas, pero también falta educación ambiental, porque sin educación ambiental no se puede llegar a la gente a decir en que época se puede consumir este producto o en que época está vetado, esta normado que son meses del no consumo. Las normas se aplican en el lago, pero la educación también debe ir hacia la población que consume, entonces estos puntos deberían fortalecerse, pongo un ejemplo en el lado peruano la entidad debe hacer este tipo de control en el lago cuenta con dos personas, que es poco para hacer este tipo de intervenciones y en la parte de educación la población el que consume el producto tampoco evalúa si el producto está en veda. Entonces son dos puntos importantes que se debe fortalecer para una adecuada conservación. En cuanto al tema de las jaulas comparto la intervención de otros colegas es importante ver con ojos más grandes las jaulas, yo escucho comentarios en otras reuniones que dicen debemos llegar a las 100000 toneladas al año y en este momento si no me equivoco en 50000 toneladas de producción de truchas en jaulas en el lado peruano. Pero eso es una aspiración de cierto sector, pero no podemos llegar a un mayor crecimiento de ese sector sino estamos conservando el hábitat donde se está produciendo la truchicultura, entonces ahí va el tema de

evaluar y ver si estamos cumpliendo las normas estamos rotando las canchas, estamos viendo como estamos perjudicando con nuestras jaulas la belleza paisajística hasta lo que mencionaba el compañero como se está perjudicando el fondo de nuestro lago y eso está afectando a la capacidad de reproducción de las especies nativas, entonces considero que es importante ver el tema de normas, la aplicabilidad y control de las normas, el tema de educación ambiental y el tema hasta donde es posible producir trucha en el lago Titicaca.

**Josef Rechberguer.** quería dar unos lineamientos que son generales comparto mucho con el que me antecedió, en Bolivia el lago Titicaca, el Uru Uru y el Poopó son sitios RAMSAR y en el árbol de problemas que se presento es que no había una adecuada gestión o de hecho no hay gestión de muchas cosas, entonces una de las cosas importantes es fortalecer la gestión ya que estos son sitios RAMSAR, entonces en base a esta gestión se fortalecería la parte de conservación, la parte de educación también en la cuestión del monitoreo y también generando estudios científicos adicionales, en los monitoreos se puede utilizar como bioindicador al género *Orestias* haciendo un análisis de riqueza y abundancia y bueno como otro tema se puede aplicar una gestión sustentable de los recursos naturales. Pero no solo eso sino también integral porque muchas comunidades aprovechan de un recurso hasta casi acabarlo, lo mismo puede pasar en este caso, que los pescadores solo aprovechan de las pescas, integral quiere decir promover el uso de la totora y de otros recursos naturales que existen en el lugar, entonces esto va ser que esto va existir un manejo sustentable de los peces. Un tercer punto fortalecer los saberes ancestrales, no conozco mucho el lago Titicaca, pero en el Poopo y el Uru Uru estaban los Urumulatos que eran pescadores desde tiempos antiguos, rescatando sus saberes ancestrales se puede rescatar el manejo sustentable de la pesca.

**Consultor.** Ya está saliendo bastante claro un ordenamiento ecológico del lago, de la actividad acuícola con la finalidad de conservar a las especies nativas y luego viene el tema de la gestión ambiental, como lo mencionaron el lago Titicaca, Poopó y Uru Uru son sitios RAMSAR y estamos teniendo dificultades en la gestión y eso no es solamente de parte de las instituciones del gobierno central, sino también del gobierno local, porque creo que muchos de los trabajos no siempre se ve a los municipios como parte activa y esta llega a ser una debilidad en el lado de Bolivia y sobre esa problemática no sé qué planteamientos podríamos dar para dar para encontrar una solución, encontrar una contraparte de cada municipio o es un tema más de política integral en relación a su participación.

**Diego Manya.** Tal vez no entrar en el tema de la vinculación de los gobiernos locales es sumamente importante pero también responde a un mecanismo de organización distinto en cada país, es también del gobierno regional, más que de gobiernos locales es mas de competencias regionales. Me parece más interesante el tema del ordenamiento, más allá de la capacidad fiscalización y supervisión que nos afecta a todos y no solamente en tema acuícola sino en todo elemento vinculado a la gestión ambiental y de otros temas, tal vez una de las cosas que quisiera aprovechar es consultar a los colegas del Ministerio de la Producción como parte del lado peruano, el ordenamiento del sector acuícola ve algunos elementos vinculados a la conservación o tal vez ya hay lineamientos pero estos tal vez no han sido muy desarrollados no se ve una aplicación muy

profunda de estos temas en el ordenamiento que ya existe, porque eso también es importante considerarlo, entiendo que si bien los problemas son comunes también partimos de lugares diferentes en términos del ordenamiento y a lo mejor no es que no exista si no que no hemos tenido la oportunidad de implementarlo como ahora estamos viendo que es importante hacerlo.

**Ing. Flores.** Para ratificar de que los gobiernos regionales tienen la competencia directa de la actividad, lamentablemente hay un desfase en los procesos de ejecución de presupuestos que no son suficientes, pero hay documentos de gestión como es el caso de puestos que no son suficientes, en el caso de la acuicultura hay documentos tenemos el plan regional de acuicultura donde se ve básicamente el desarrollo de la actividad acuícola principalmente de la trucha que sustenta economía importante de la región, el departamento con mayor producción nacional de trucha es Puno con casi 80% pero se han adaptado una serie de buenas prácticas pero que no siempre se están aplicando por diversas razones, se viene tratando de hacer el ordenamiento de la acuicultura pero la masificación de las poblaciones dedicadas a esta actividad de acuicultura de jaulas flotantes, hace difícil que la autoridad regional pueda implementar el ordenamiento acuícola, hay otros temas derivados del cambio climático el año pasado el 24 julio generó un ventarrón que produjo una tragedia, se perdió toda la producción, se voltearon las jaulas y se liberó, más o menos las pérdidas en producción fue de 15 millones de soles hay que calcular, muchos murieron, otras fueron aplastadas, pero muchas fueron liberadas ese tipo de impactos ya vienen atacando a este tipo de actividad, obviamente se adoptan medidas de ordenamiento acuícola para mitigar los posibles impactos que pueda generar la actividad pero justamente nosotros proponemos que se haga un estudio de impacto ambiental de la actividad pero esto también es un estudio que tiene que ver las actividades transversales, una de las cuales es la acuicultura de repente los impactos vienen de otros sectores y la acuicultura la podemos enfocar como una de las tantas actividades que puede impactar en el lago obviamente una de las malas prácticas de producción es el uso del ispi, la regulación no lo permite, pero las actividades de fiscalización y control pues no están siendo llevadas bien porque no hay los recursos disponibles y esa es una falencia a nivel regional eso sería más o menos la idea que nosotros tenemos para mitigar esos impactos, habría que ver qué mecanismos utilizamos para que no sea perjudicial para las especies nativas que debemos proteger.

**Consultor.** Estamos sacando dos temas uno que es a través de un manejo adecuado de la acuicultura podemos conservar el hábitat porque no solo debemos enfocarnos solamente en las especies creo que es muy importante en que el plan de acción u manejo de las Orestias se tiene que visibilizar solamente en Orestias, porque finalmente si el ecosistema no está saludable, por más que hagamos reintroducciones de poblaciones no van a tolerar, por lo que hay dos temas claros el manejo de la acuicultura y la pérdida de hábitat como bien mencionaban posiblemente la acuicultura no sea la única que está causando la eutrofización y pérdida de hábitat posiblemente son temas de arrastre de contaminación por ríos. Otro aspecto en la parte boliviana es como las poblaciones humanas empiezan a ganar terreno al lago colocando tierra en orillas para restaurantes como en Huatajata para hacer bahías que tenga vista al lago que ha ido afectando a la cobertura vegetal del lago menor, que es uno de los más sensible, se puede manejar el lago Uru Uru como un ejemplo de a dónde puede llegar en un escenario terrible el lago menor. Podemos escuchar a los a los colegas del Ministerio de Medio Ambiente de Bolivia creo que hay una situación que Perú nos ha mostrado que

ellos tienen un ente fiscalizador a partir del Ministerio de la Producción lo que vendría a ser el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras acá en Bolivia y no sé cómo se maneja eso por la parte de Perú y Bolivia como medio ambiente, que hace unos años había una discusión en la parte boliviana si *Orestias* se iba a considerar como un recurso hidrobiológico o como un componente de biodiversidad que alguna vez en Perú personal del IMARPE me había explicado que se maneja de forma diferente, como a un principio habíamos visto el tema de competencias es muy distinto a nivel de cada país creo que debatir un poco al respecto nos va dar una idea de cómo podemos hacer binacional a partir de dos reglas diferentes que maneja en cada país.

**Luis Guizada.** la realidad nacional con el recurso pesquero está bastante enfocada en el aprovechamiento del recurso, hablando de producción básicamente por eso la competencia ha caído de manera casi exclusiva al MDRyT y a IDP PACU, entendemos como MMAyA que hablar de algunas especies como *Orestias* y otras que son consideradas como parte del recurso hidrobiológico y ser consideradas como tal y que MMAyA tenga competencias de alguna forma para hacer las regulaciones respectivas. Se ha estado en procesos para comenzar a pensar en una gestión compartida o una fiscalización compartida por parte del MDRyT y el MMAyA durante esta gestión, sin embargo, no se ha avanzado significativamente, es un plan que se quiere normar e implementar, sin embargo, todavía no está completamente desarrollado por lo tanto toda la normativa y todo lo que implica recursos pesqueros está siendo manejado por el MDRyT como tal, es nuestra realidad y es un tema muy importante que tenemos solucionar y estamos con esa visión, con esa visión de que podamos tener algunas regulaciones como MMAyA sobre los recursos hidrobiológicos y una armonización en las normas que maneja como recurso pesquero y como recursos de conservación y biológicos.

**Consultor.** Quedaba en debate en talleres era una duda. Quisiéramos saber cómo se maneja en lado del Perú entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de la Producción de cómo se maneja este tema.

**Diego Manya.** En el caso del Perú hay una situación un tanto similar hay una competencia del Ministerio del Ambiente en términos de gestión diversidad biológica que se manifiesta a través de lineamientos del gobierno central desde el propio ministerio y también a través de las entidades adscritas como es el SERNAN específicamente de la reserva del Titicaca, gran parte de la generación del conocimiento de la gestión del recurso pesquero donde también está las especies del género *Orestias* pasa por un lado por el IMARPE y también va por las instancias del Ministerio de la Producción tanto del eje central como el nivel del gobierno regional y otras instancias que también tienen competencias en el marco del mismo sector.

**Ing. Flores.** No soy especialista, pero por experiencia de los años ochenta, cuando va uno a Puno, las vendedoras que están a las orillas venden boga, mauri para el consumo humano directo, es parte del consumo del poblador, yo no sé si eso a partir de la creación del Ministerio del Ambiente eso ya no es así, pero eso es un consumo ancestral. Ahora si es un recurso hidrobiológico es también fuente de proteínas yo la verdad no encontraría diferencias.

**Víctor Hugo Apaza.** Esto de las competencias el IMARPE es el que realiza las investigaciones en el lago es el ente científico que determina la cantidad de especies que están en el lago para ser aprovechables también da las épocas de veda, sugiere las épocas de veda para que puedan ser implementadas, esto es recogido por la Dirección regional de Producción porque el lago está a cargo de esta dirección para que pueda implementar, para poder difundir la cantidad de especies disponibles a capturar para que pueda aplicar las vedas, entonces eso lo hace la Dirección de Producción y también esta dirección regional es la que se encarga de poder otorgar espacios para la producción de trucha a través de las jaulas, si está limitado las tareas, lo que falta es fortalecer estas instituciones y que puedan aplicar con mayor rigurosidad las normas y también la educación ambiental que es importante para difundir como nos encontramos en el lago.

#### *Plenaria general conclusiones de las mesas de trabajo*

##### *Políticas de gestión de recursos ícticos en el sistema TDPS*

- Ambos países tienen leyes y reglamentación de pesca, sin embargo, en el lado del Perú se aplican con anterioridad, en Bolivia es reciente. Sin embargo, en ambos países se requiere un fortalecimiento, económico y de personal que lleva a cabo el control y fiscalización.
- Fortalecimiento de las instituciones administrativas y las de investigación relacionadas a los recursos hidrobiológicos, en Perú el IMARPE y en Bolivia IDP PACU, esta última requiere de mejoramiento en infraestructura, presupuesto, personal calificado y permanente, etc. Por lo menos para que se encuentre a la par en investigaciones o el monitoreo del lado boliviano.
- Se considera oportuno hacer un análisis de las acciones de gestión a nivel binacional y nacional a fin de priorizar los esfuerzos conjuntos, y evitar la replicación de estudios y mejorar la efectividad del uso de recursos disponibles.
- Mayor inversión en investigación en el estado de conservación de esta especie, ya sea por parte del Ministerio del Ambiente en Perú o del Medio Ambiente y Agua en Bolivia, así como la canalización de uso de fondos de instituciones internacionales como el Banco Mundial, o el GEF.
- La descarga de aguas residuales, evidenciado por la presencia de puntos de descarga que drenan sus aguas al lago Titicaca y Uru Uru, debe ser explorado con mayor detalle a fin de conocer las áreas afectadas y como estas condiciones afectan al ecosistema y por tanto a las especies del género *Orestias*.
- La participación en el control, monitoreo y fiscalización de los gobiernos locales es importante, pero se observa una debilidad cuando ocurren cambios de gobiernos nacionales o subnacionales. Por ello, se plantea la necesidad de una socialización de las normas a las autoridades y a los técnicos haciendo un fortalecimiento de capacidades de manera continua, en atención a los cambios de profesionales.
- La conservación no puede funcionar solamente en las instituciones gubernamentales, deberían empoderarse a las comunidades para un autocontrol. Este aspecto puede ser una solución sobre todo para el lado boliviano, en el lado peruano los controles están establecidos, aunque se podría mejorar su eficiencia.

- Una vez establecidas las acciones binacionales se debe definir las instancias de coordinación nacionales y binacionales que las lleven a cabo o que den cumplimiento, tanto en investigación, monitoreo o fiscalización.
- Perú como Bolivia tienen normativas diferentes y eso está impidiendo regular y concretar algunas acciones ya establecidas en la capacidad de supervisión y fiscalización. Aunque sean diferentes, debe existir una coordinación para que estos controles referidos a las épocas de veda sean rigurosos en ambos países.
- En cuanto al lago Poopó y Uru Uru al ser sitios RAMSAR se debe fortalecer la gestión a través de más estudios científicos tradicionales que lleven a una gestión integral no solamente de los recursos pesqueros sino de otros recursos que pueden ser otras alternativas. Además de fortalecer los saberes ancestrales.

#### *Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros en el sistema TDPS*

- Considerando que la conservación del ecosistema es relevante para las especies del género *Orestias*, se considera oportuno identificar y monitorear características de calidad del agua relevantes para el ecosistema y las especies del género *Orestias*, tanto en el ámbito peruano como boliviano, y su vinculación con potenciales zonas generadoras de contaminación. En el plan de acción se sugiere definir cuáles serán los parámetros a nivel general y los que se debe monitorear de forma localizada, además que se propone el mapeo de estas zonas”.
- La descarga de aguas residuales, evidenciado por la presencia de puntos de descarga que drenan sus aguas al lago Titicaca y Uru Uru, debe ser explorado con mayor detalle a fin de conocer las áreas afectadas y como estas condiciones afectan al ecosistema y por tanto a las especies del género *Orestias*.
- Generar procedimientos estándar a corto plazo, para el aprovechamiento de los recursos hídricos. Así, por ejemplo, en cuanto al recurso pesquero, en Perú ya se tiene normativa sobre tamaños de mallas, épocas de veda, zonas de amortiguamiento etc, las cuales se podrían homologar en Bolivia y así contar ya con medidas de manejo.
- Es necesaria una educación ambiental no solo a los pescadores sino también a los que adquieren el producto.
- Las áreas de desove de las *Orestias* es la zona litoral - el cinturón vegetal (macrofitas), por lo que son consideradas especiales deben estar zonificadas para su protección y conservación.
- La acuicultura – truchicultura tiene efectos negativos generando la eutrofización, afectando las zonas de desove y al deterioro del hábitat. Es necesario hacer un estudio del impacto ambiental, definir normas hasta donde se puede ampliar la biomasa de truchas
- Se ha manifestado que no es adecuado fomentar la truchicultura en el lago menor por su profundidad, y en tanto los procesos de eutrofización son más acelerados y van en desmedro de los organismos vivos, no solo de las especies nativas sino a nivel de la cadena trófica. En este sentido se podrían establecer medidas de control para ambos países y promover el desarrollo de estudios en esta temática



- Estudios de la cadena trófica en relación a la disponibilidad del alimento de *Orestias* podrían ser necesarios, para la conservación de las *Orestias*.
- La reproducción artificial puede ser una solución a la conservación de las especies del género *Orestias*, pero se debe tomar en cuantos dos aspectos estar seguros de las especies con las que trabaja (considerando la incertidumbre taxonómica y la presencia de híbridos viables), y en caso de repoblamiento, se debe hacer un seguimiento del éxito, definir quiénes van estar a cargo de los repoblamientos y quien va a hacer los monitoreos del repoblamiento.
- Considerar al género *Orestias* dentro de planes nacionales no solamente como recursos pesqueros sino también como recursos genéticos con gran importancia por ser especies endémicas, y que se pueden ver reducidas por la presencia de las especies introducidas que están aumentando sus poblaciones. En este sentido se hace necesario también fomentar el monitoreo de las especies introducidas que pudiera afectar a esta especie.
- Se podría tomar en cuenta el relevamiento espacio temporal del uso del suelo, a fin de conocer si por ejemplo se ha incrementado las actividades agropecuarias y cuánto se ha extendido, a fin de conocer si estos cambios se encuentran afectando negativamente otros ecosistemas vinculados al género *Orestias*.
- Los lagos Poopó y Uru Uru se ven muy afectados en sus niveles de agua por los cambios climáticos, se requiere estudios hidrológicos continuos.
- Considerar los aspectos sociales en el lago Poopó la ausencia de peces ha tenido una connotación importante en la seguridad alimentaria no se ha presentado otras alternativas de usos de recursos como los quistes de *Artemia* en la acuicultura.
- El lago Uru Uru sufre un proceso de contaminación por residuos sólidos, contaminación minera y aguas residuales, se podría saber en qué proporción se está afectando. En el tiempo la presencia de especies nativas e introducidas como el pejerrey se verán disminuidas si no hay un plan de acción regional.
- La asociación de pescadores autorregula la época de veda en el lago Uru Uru con éxito, este modelo de apropiación puede intentar replicarse en el lago Titicaca lado boliviano.

## CAPITULO III

### REFERENCIAS

Achá, D., Guédron, S., Amouroux, D., Point, D., Lazzaro, X., Fernandez, P. E., & Sarret, G. (2018).

Algal Bloom Exacerbates Hydrogen Sulfide and Methylmercury Contamination in the Emblematic High-Altitude Lake Titicaca. *Geosciences*, 8(12), 438.

<https://doi.org/10.3390/geosciences8120438>

Aguirre, L. F., Aguayo, R., Balderrama, J., Cortez, C., Tarifa, T., Van Damme, P. A., Arteaga, L., &

Peñaranda, D. (2009). El método de evaluación del grado de amenaza para especies

(MEGA). In *Libro Rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia* (pp. 7–18). Ministerio

de Medio Ambiente y Agua.

ALT. (2020). *Diagnóstico Binacional Pesquero y Acuícola en el ámbito del Sistema Hídrico Lago*

*Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar Coipasa-TDPS*.

Archundia, D., Duwig, C., Spadini, L., Morel, M. C., Prado, B., Perez, M. P., Orsag, V., & Martins, J.

M. F. (2019). Assessment of the Sulfamethoxazole mobility in natural soils and of the risk of contamination of water resources at the catchment scale. *Environment International*,

130, 104905. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104905>

Archundia, D., Duwig, C., Spadini, L., Uzu, G., Guédron, S., Morel, M. C., Cortez, R., Ramos Ramos,

O., Chincheros, J., & Martins, J. M. F. (2017). How Uncontrolled Urban Expansion Increases

the Contamination of the Titicaca Lake Basin (El Alto, La Paz, Bolivia). *Water, Air, & Soil*

*Pollution*, 228(1), 44. <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3217-0>

Bagenal, T. B. (1978). Aspects of fish fecundity. *Ecology of Freshwater Fish Production*, 75–101.

Beltrán Farfán, D. F., Palomino Calli, R. P., Moreno Terrazas, E. G., Peralta, C. G., & Montesinos-

Tubée, D. B. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana de Biología*, 22(3), 335.

<https://doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>

- Blackwell, B. G., Brown, M. L., & Willis, D. W. (2000). Relative Weight (Wr) Status and Current Use in Fisheries Assessment and Management. *Reviews in Fisheries Science*, 8(1), 1–44.  
<https://doi.org/10.1080/10641260091129161>
- Brenner, T. (1994). *Las pesquerías de aguas continentales frías en América Latina* [COPESCAL Documento Ocasional No. 7]. <http://www.fao.org/3/t4675s/T4675S04.htm#ch4>
- Carafa Rada, C., Pacheco Mollinedo, P., Alavi Murillo, G., Gonzales, A. L., & Castel, A. P. (Eds.). (2016). *Vulnerabilidad y resiliencia en el Altiplano boliviano*. Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y Medio Ambiente “Agua Sustentable.”
- Chura, R., & Treviño, H. (2012). *Pesquería en el Lago Titicaca (Perú)*. III Congreso de Ciencias de Mar de Peru, Lima, Perú. Unpublished. <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.1170.1368>
- Cruz-Jofré, F., Valladares, M. A., Vila, I., & Méndez, M. A. (2013). The genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae): nomenclatural errors in the assignment of species names. *Zootaxa*, 3746(4), 597. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3746.4.7>
- Cubillos, L. (2005). *Biología Pesquera & Evaluación de stock*. Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.
- Cuvier, G. L., & Valenciennes, A. (1846). Des *Orestias*. In G. L. Cuvier & A. Valenciennes (Eds.), *Histoire naturelle des poissons* (pp. 221–244).
- Ding, J., Zhang, S., Razanajatovo, R. M., Zou, H., & Zhu, W. (2018). Accumulation, tissue distribution, and biochemical effects of polystyrene microplastics in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environmental Pollution*, 238, 1–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.001>
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., & Sullivan, C. A. (2006).

Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges.

*Biological Reviews*, 81(02), 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>

Duwig, C., Archundia, D., Lehembre, F., Spadini, L., Morel, M. C., Uzu, G., Chincheros, J., Cortez, R.,

& Martins, J. M. F. (2014). Impacts of Anthropogenic Activities on the Contamination of a Sub Watershed of Lake Titicaca. Are Antibiotics a Concern in the Bolivian Altiplano?

*Procedia Earth and Planetary Science*, 10, 370–375.

<https://doi.org/10.1016/j.proeps.2014.08.062>

Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater

systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and

prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63–82.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>

Esquer-Garrigos, Y., Hugueny, B., Ibañez, C., Zepita, C., Koerner, K., Lambourdière, J., Couloux, A.,

& Gaubert, P. (2015). Detecting natural hybridization between two vulnerable Andean pupfishes (*Orestias agassizii* and *O. luteus*) representative of the Altiplano endemic

fisheries. *Conservation Genetics*, 16(3), 717–727. [https://doi.org/10.1007/s10592-015-](https://doi.org/10.1007/s10592-015-0695-3)

0695-3

FAO. (2018). *The state of world fisheries and aquaculture. Meeting the sustainable development goals.*

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-

analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253.

<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

Funge-Smith, S. (2018). *Review of the State of the World Fishery Resources: Inland Fisheries*

(Fisheries and Aquaculture Circular, FIAF/C942, p. 399). Food and Agriculture Organization

of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/3/ca0388en/CA0388EN.pdf>

- Garrigos, Y. E., Hugueny, B., Koerner, K., Ibanez, C., Bonillo, C., Pruvost, P., Causse, R., Cruaud, C., & Gaubert, P. (2013). Non-invasive ancient DNA protocol for fluid-preserved specimens and phylogenetic systematics of the genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae). *Zootaxa*, 3640(3), 373–394.
- Guédron, S., Point, D., Acha, D., Bouchet, S., Baya, P. A., Tessier, E., Monperrus, M., Molina, C. I., Groleau, A., Chauvaud, L., Thebault, J., Amice, E., Alanoca, L., Duwig, C., Uzu, G., Lazzaro, X., Bertrand, A., Bertrand, S., Barbraud, C., ... Amouroux, D. (2017). Mercury contamination level and speciation inventory in Lakes Titicaca & Uru-Uru (Bolivia): Current status and future trends. *Environmental Pollution*, 231, 262–270.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.009>
- Herzog, S. K., Inter-American Institute for Global Change Research, International Council of Scientific Unions, & Scientific Committee on Problems of the Environment. (2011). *Climate change and biodiversity in the tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research : SCOPE.
- Hoffman, G. L. (1970). Intercontinental and transcontinental dissemination and transfaunation of fish parasites with emphasis on whirling disease (*Myxosoma cerebralis*). *Bulletin Wildlife Disease Association*, 5(3), 371.
- Ibañez, C., Hugueny, B., Esquer-Garrigos, Y., Zepita, C., & Gutierrez, R. (2014). Biodiversidad ictica en el lago Titicaca. In *Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca* (p. 312).
- Ibañez, Carla, & Loayza, E. (2020). *Evaluación del Estado de Conservación y Propuesta de Estrategia y Plan de Acción Binacional para la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de las Especies del Género Orestias spp. En los Lagos Titicaca, Poopó y Uru Uru, del Proyecto*

“Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (GIRH-TDPS)” (p. 53) [2do. Producto]. PNUD\_GIRH-TDPS.

Kindt, R., & Coe, R. (2005). *Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. World Agroforestry Centre (ICRAF).*  
[http://www.worldagroforestry.org/treesandmarkets/tree\\_diversity\\_analysis.asp](http://www.worldagroforestry.org/treesandmarkets/tree_diversity_analysis.asp)

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. In C. Dejoux & A. Iltis (Eds.), *Lake Titicaca: A synthesis of limnological knowledge* (Vol. 68, pp. 405–419). Springer Netherlands.  
<http://link.springer.com/10.1007/978-94-011-2406-5>

Lazzaro, X. (2018). Situación actual de la eutrofización y escenarios futuros para el Lago Titicaca- aportes de la percepción remota. In J. Nuñez-Villalba (Ed.), *Monitoreo espacial de los efectos del cambio climático en el Lago Titicaca con imágenes de Satélite* (Nuñez-Villalba Javier, Vol. 1, pp. 79–106). Plural.  
[https://www.researchgate.net/publication/331072070\\_Monitoreo\\_espacial\\_de\\_los\\_efectos\\_del\\_cambio\\_climatico\\_en\\_el\\_Lago\\_Titicaca\\_con\\_imagenes\\_de\\_Satelite](https://www.researchgate.net/publication/331072070_Monitoreo_espacial_de_los_efectos_del_cambio_climatico_en_el_Lago_Titicaca_con_imagenes_de_Satelite)

Lazzaro, X., Alcoreza, P., Lanza, W. G., Flores, A., Fernández, P., Fernández Paz, A., Zepita, C., Loayza, E., & Ibañez, C. (2016). *Expedición binacional de evaluación de recursos pesqueros y condiciones limnológicas del Lago Titicaca – CR.1507-08 – Jul-Ago 2015 – Informe técnico del Equipo Boliviano* (p. 95). IE/UMSA & BOREA/IRD.

Lazzaro, X., & Gamarra, C. (2014). Funcionamiento limnológico y fotobiología del Lago Titicaca. In *Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos e hidrobiológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca* (pp. 155–217).

- Loayza, E. (2019). *Seasonal and depth variations in diet composition and dietary overlap between three native killifish of an emblematic tropical-mountain lake: Lake Titicaca (Bolivia)* [Preprint]. *Ecology*. <http://biorxiv.org/lookup/doi/10.1101/635821>
- Loayza, E., Bertrand, A., Guillard, J., La Cruz, L., Lebourges-Daussy, A., Vargas, G., & Lazzaro, X. (2020). First Hydroacoustic Assessment Of Fish Abundance And Distribution In The Shallow Sub-Basin Of Lake Titicaca. *Aquaculture & Fisheries*, 4(2), 1–7. <https://doi.org/10.24966/AAF-5523/100034>
- Loubens, G., & Osorio, F. (1992). Introduced species 2. *Basilichthys bonariensis* (the “pejerrey”). In A. Iltis & C. Dejoux (Eds.), *Lake Titicaca: A synthesis of limnological knowledge* (Vol. 68, pp. 427–444). Springer Netherlands. [http://link.springer.com/10.1007/978-94-011-2406-5\\_10](http://link.springer.com/10.1007/978-94-011-2406-5_10)
- Lüssen, A., Falk, T. M., & Villwock, W. (2003). Phylogenetic patterns in populations of Chilean species of the genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae): results of mitochondrial DNA analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 29(1), 151–160. [https://doi.org/10.1016/S1055-7903\(03\)00077-0](https://doi.org/10.1016/S1055-7903(03)00077-0)
- Miller, M. J., Capriles, J. M., & Hastorf, C. A. (2010). The fish of Lake Titicaca: Implications for archaeology and changing ecology through stable isotope analysis. *Journal of Archaeological Science*, 37, 317–327. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.09.043>
- MMAyA. (2009). *Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia* (Ministerio de Medio Ambiente y Agua).
- MMAyA/VRHR. (2018). *Plan Director de la Cuenca Katari y su Estrategia de Recuperación Integral de la Cuenca y del Lago Menor del Titicaca*.
- Molina, C. I., Ibañez, C., & Gibon, F.-M. (2012). Proceso de biomagnificación de metales pesados en un lago hiperhalino (Poopó, Oruro, Bolivia): Posible riesgo en la salud de consumidores. *Ecología En Bolivia*, 47(2), 99–118.

- Molina, C., Lazzaro, X., Guédron, S., & Achá, D. (2017). Contaminación de la Bahía de Cohana, Lago Titicaca (Bolivia): Desafíos y oportunidades para promover su recuperación. *Ecología En Bolivia*, 52(2), 65–76.
- Monroy, M., Maceda-Veiga, A., Caiola, N., & De Sostoa, A. (2014). Trophic interactions between native and introduced fish species in a littoral fish community: Trophic interactions in lake titicaca fishes. *Journal of Fish Biology*, 85(5), 1693–1706.  
<https://doi.org/10.1111/jfb.12529>
- Muñoz-Saravia, A. (2018). *Foraging strategies and ecology of Titicaca water frog (Telmatobius culeus)* [Ph. D. Thesis, Ghent University. Faculty of Veterinary Medicine, Merlbeke, Belgium.]. <http://hdl.handle.net/1854/LU-8577989>
- Naciones Unidas en Bolivia. (2013, June 5). Bolivia es uno de los países que más sufre por el cambio climático. *Naciones Unidas en Bolivia*. <http://www.nu.org.bo/noticias/naciones-unidas-en-linea/bolivia-es-uno-de-los-paises-mas-sufre-por-el-cambio-climatico/>
- Navarro Torres, V. F., Zamora Echenique, G., & Singh, R. N. (2012). Environmental Hazards Associated With Mining Activities in the Vicinity of Bolivian Poopó Lake. *Journal of Mining and Environment*, 3(1), 15–26. <https://doi.org/10.22044/jme.2012.72>
- Ogle, D. H. (2018). *Introductory fisheries analyses with R*. CRC Press.
- Oksanen, J., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P., O’Hara, R. B., Simpson, G., Solymos, P., Stevens, H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2018). *Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-3*. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira, M., Ribeiro, A., Hylland, K., & Guilhermino, L. (2013). Single and combined effects of microplastics and pyrene on juveniles (0+ group) of the common goby *Pomatoschistus*



microps (Teleostei, Gobiidae). *Ecological Indicators*, 34, 641–647.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.019>

Ormachea, M., Blanco, E., Ramos, O., García, M. E., Bhattacharya, P., Thunvik, R., & Taquichiri, L.

(2010). *Arsenic occurrence in thermal springs of the Central Bolivian Altiplano*. 2.

[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic\\_occurrence\\_in\\_thermal\\_springs\\_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-)

[disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic\\_occurrence\\_in\\_thermal\\_springs\\_of.pdf&X-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[Amz-Security-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[Aj11QCWy8ch8ruX6fvAiEA5awZOa%2F1FlaYPY8eyElKng1K5cJRqIH9prKILRSqhxwqtAMISh](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[AAGgwyNTAzMTg4MTEyMDAiDP%2FBxRk4AB1BDrxgwiqRA3YBydx2mH7gvvZnZdsZZMwo](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[D981tFmU%2Bf5RfaJautZxe7JaV5fx7sdN1msDEskVISrrxH5BDyle8KAAsWlhu3F4HtLgtpYYi](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[EmLIL6nV77afAuuArmKE4R9nZ%2Fy3AQgyDTIbeTssNd%2BYS95wzYvu6NvYmp2VojnQPvv](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[A%2Fz5n3wIMEhPN6u6EMXuyTxCD5v0KDtT%2Fd9Tfzhhpw9HUqUU%2Fq5AwobB5m822](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[NU43eLnZ7IBBIQE9LcORrA%2Ft0eoRE%2BCqpAo6i1eMNBw9Fw%2BYkibmhdhJ1WrvHch](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[KeBmxiiYxckPjxYHw5CDeCtzvgZ3Ux8fcPDPky%2FK%2BczeCC6e%2BUe8l6XXpnrXmeg5KhX](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[ReyC6BeNZk7L%2FJdA%2B0vnofObgzXn9GAY2SNURVlib9YMwUwcFbhq5rMUohYhPH656](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[WymiJrrMyBGvFQjct%2Fu6dYEgerEgzU3v73zQ3JU6MuER1xpO10t8qS7%2FaRZS9gEUJUqY](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[h4HgfWS58wgsWlCaovDBZH1hdCvQKbqbdHe%2FRtwDXjOINMMPjI4%2FMFOusBlvi8wP2](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[fFam4XqJOCYTTfgfififi2cQ1v5%2BEo4KmWu4wVd4U64H4rMP%2FrnyNkbuAJSMhDonkB](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

[1bq9FppBMswXZO0w6Un1U6u2bHul64NzSoJegowL7Mzeiri7xXPWv5bjTZkfcQi%2BUJmVE](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47127087/Arsenic_occurrence_in_thermal_springs_of20160709-16039-ea849o.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DArsenic_occurrence_in_thermal_springs_of.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSB6BAM47IAWAK%2F20200323%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200323T191108Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIAVsXhvsuDeMCxnYqDZfRwZahE)

YqmK5%2BuWl6r8cWkg7GZ459B8IF1H88wGnoukr2cLjBISpX0Q9bbYFGicNyIP8p%2Btr9Arn  
B2l%2BqStnuT3PlwSXPf%2FWwKbtPU8Ap2BROCrqqLsVEWdJ0BxDM%2FP3lhceBB%2F7JR  
T5m2utmO2W98893YPLByl8RBJhiPjXlh%2F5cBLJZg%3D%3D&X-Amz-  
SignedHeaders=host&X-Amz-  
Signature=9cbbb3fc1ec8678b71d07003182b45fffd9848755b79edf48ddc1dd929ae4560

Paredes Zavala, J., Sanchez Moreno del Castillo, A., Ordoñez Rivera, K., & Palo Zegarra, M. (2019).

*Caracterización de Microplásticos en los Recursos Hidrobiológicos del Lago Titicaca.*

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9479>

Parenti, L. (1984). A taxonomic revision of the Andean killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes,

Cyprinodontidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 178(2), 214.

Pari Quispe, D., & Mamani Flores, M. (2019). Consumo de *Orestias agassii* y *Orestias luteus*

“Carachi” en la ciudad de Puno. *Revista De Investigación Universitaria*, 9(1), 149–159.

Pauly, D., Watson, R., & Alder, J. (2005). Global trends in world fisheries: Impacts on marine

ecosystems and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological*

*Sciences*, 360(1453), 5–12. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1574>

Peña Dominguez, C., & Tisnado Angulo, W. (2006). Ichthyophthiriasis en Peces Nativos Del Lago

Titicaca en Puno (Peru). *Comunicación Científica*, 541–546. [www.civa2006.org](http://www.civa2006.org)

PNUD. (2016). *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Sistema Titicaca, Desaguadero,*

*Poopó y Salar de Coipasa (TDPS).*

R Core Team. (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for*

*Statistical Computing* (3.4.0) [Computer software]. <http://www.R-project.org/>

RStudio Team. (2016). *RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, Inc* (1.1.453)

[Computer software]. <http://www.rstudio.com/>

- Sostoa A., Doadrio I., Caiola N., Pedraza C., Flores O., Monroy M., Maceda A., & Ornelas C. (2010). *Estudio genetico de las especies icticas nativas del Lago Titicaca, caracterizacion y estructura poblacional* (Financiado Informe final; p. 173).
- Takahashi, T., & Moreno, E. (2015). A RAD-based phylogenetics for Orestias fishes from Lake Titicaca. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *93*, 307–317.  
<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2015.08.012>
- Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., & Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Research*, *123*, 401–407.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005>
- Tchernavin, V. V. (1944). A revision of the subfamily Orestiinae. *Department of Zoology, British Museum, Natural History*, *114*.
- Van Damme, P., Carvajal-Vallejos, F., Sarmiento, S., Barrera, S., Osinaga, K., & Miranda-Chumacero, G. (2009). Capítulo 2: Peces. In *Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia* (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos, pp. 25–90). Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- Villwock, W. (1986). Speciation and adaptive radiation in Andean Orestias fishes. In F. Vuilleumier & M. Monasterio (Eds.), *High altitude tropical biogeography* (pp. 387–403). Oxford University Press : American Museum of Natural History.
- Wurstbaugh, W. A., & Tapia, R. A. (1988). Mass mortality of fishes in lake Titicaca (Peru–Bolivia) associated with the protozoan parasite *Ichthyophthirius multifiliis*. *Transactions of the American Fisheries Society*, *117*(2), 213–217.
- Yates, F. (1984). Test of Significance for 2 × 2 Contingency Tables. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, *147*(3), 426. <https://doi.org/10.2307/2981577>

Zabaleta, V., & Bremer. (1993). *La degradación ambiental de los recursos pesqueros del Lago Poopó*. serie Marra N°14.

ANEXOS

Fotografías: Erick Loayza



*Orestias imarpe* (Parenti, 1984)



*Orestias crawfordi* (Tchernavin, 1944)



*Orestias luteus* (Cuvier & Valenciennes, 1846)



*Orestias albus* (Cuvier & Valenciennes, 1846)



*Orestias cf. polonorum*



*Orestias sp*



*Orestias agassizii* (Cuvier & Valenciennes, 1846)



*Orestias ispi* (Lauzanne, 1982)



*Orestias mulleri* (Cuvier & Valenciennes, 1846)\*



*Orestias gr gilsoni*\*

\*Provenientes de la base de datos de Loayza (2019)