

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología - Microbiología

“Diversidad ictiológica en las cuencas hidrográficas
del departamento de Tacna”

TESIS

Presentada por:

Bach. Edison Fernando Morán Contreras

Para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO - MICROBIÓLOGO

TACNA - PERÚ

2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 319

En la ciudad de Tacna, en el auditorium de la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, siendo las 13:30 horas del día 19 de diciembre de 2018, estando presente el Jurado calificador nominado por resolución de Facultad N° 9237-2018-FACI-UN/JBG, conformado por los siguientes docentes

DR. DALADIER MIGUEL CASTILLO COTRINA	PRESIDENTE
Mgr. GIOVANNI ADEMHIR ARAGON ALVARADO	MIEMBRO
MSc. SOLEDAD AMPARO BORNÁS ACOSTA	SECRETARIA

Acto seguido, se dio lectura a la Resolución correspondiente, y del mismo modo se dio lectura al Artículo 22 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias.

A continuación, el Presidente del Jurado instó al Bachiller EDISON FERNANDO MORAN CONTRERAS, a exponer la tesis titulada "DIVERSIDAD ICTIOLÓGICA EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DE TACNA".

Siendo las 14:30 horas, el tesis concluye su exposición, luego se procedió a la formulación de las preguntas por parte de los miembros del jurado calificador. Terminado este proceso, se invitó a que los miembros del jurado emitan su calificación de acuerdo a reglamento. El promedio de la calificación dio el siguiente resultado: Aprobado por unanimidad, con el calificativo de 15 (bueno), de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias.

Siendo las 15:08 horas, se dio por concluido el acto de sustentación de la tesis, firmando los señores miembros del jurado calificador, en señal de conformidad.



DR. DALADIER MIGUEL CASTILLO COTRINA
PRESIDENTE



MSc. SOLEDAD AMPARO BORNÁS ACOSTA
SECRETARIA



Mgr. GIOVANNI ADEMHIR ARAGON ALVARADO
MIEMBRO

AGRADECIMIENTO

Al diseñador y creador de los maravillosos seres que habitan la tierra, entre ellos los peces, Jehová Dios.

A mi querida familia y a mi esposa e hijo, por su apoyo incondicional.

A mis estimados profesores y compañeros de la UNJBG, quienes me brindaron su ayuda en el camino de aprendizaje de la Biología.

A mi asesor de tesis y amigo, Dr. Pablo Franco, quien me acompañó en el desarrollo de la tesis y me inspiró la valentía para realizarla.

A mis estimados compañeros y profesores del Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural de la Universidad Mayor San Marcos, en especial al Dr. Hernán Ortega por su paciencia, orientación y atención constante para la culminación de la tesis.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Hipótesis.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Marco teórico.....	7
1.4.1. Diversidad de peces en América del Sur.....	9
1.4.2. Diversidad de peces en el Perú.....	11
1.4.3. Diversidad de peces en el departamento de Tacna.....	12
1.4.4. Cuencas hidrográficas del departamento de Tacna.....	13
1.4.4.1. Cuenca Locumba.....	14
1.4.4.2. Cuenca Sama.....	14
1.4.4.3. Cuenca Uchusuma.....	15
1.4.4.4. Cuenca Caño.....	16
1.4.4.5. Cuenca del Mauri.....	16

1.4.4.6. Cuenca Hospicio.....	18
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1. Área de estudio.....	19
2.2. Población y muestra.....	19
2.3 Método.....	20
2.3.1. Estaciones de muestreo.....	20
2.3.1.1. Cuenca Locumba.....	21
A. Humedal de Ite (Estación LOC-02).....	22
B. Río Locumba (Estación LOC-01).....	22
C. Río Salado (Estación LOC-03).....	30
D. Río Ilabaya (Estación LOC-04).....	24
E. Río Ilabaya (Estación LOC-05).....	25
F. Río Camilaca (Estación CAI-01).....	25
G. Río Curibaya (Estación CUR-01).....	26
H. Laguna Aricota (Estación ARI-01).....	26
I. Río Callazas (Estación CAL-01).....	27
J. Río Huaytire (Estación HUA-01).....	28
K. Río Huaytire (Estación HUA-02).....	28
2.3.1.2. Cuenca Sama.....	29
A. Río Sama (Estación YRS-01).....	29
2.3.1.3. Cuenca Mauri.....	30

A.	Río Quilvire (Estación VIL-01).....	30
B.	Río Quequesane (Estación MMY-01).....	31
C.	Quebrada Mamuta (Estación MAM-01).....	32
D.	Río Kallapuma (Estación KAL-01).....	32
E.	Río Kallapuma (Estación MAU-01).....	33
F.	Río Mauri (Estación MAU-02).....	33
2.3.1.4.	Cuenca Caño.....	34
A.	Río Caño (Estación CAÑ-01).....	34
2.3.1.5.	Cuenca Uchusuma.....	35
A.	Río Uchusuma (Estación UCH-01).....	35
2.3.2.	Captura de individuos y esfuerzo de muestreo.....	36
2.3.3.	Registro de datos de campo.....	37
2.3.4.	Identificación taxonómica de los individuos.....	39
2.3.5.	Diversidad.....	40
2.3.5.1.	Riqueza de especies.....	40
2.3.5.2.	Curva de acumulación de especies.....	41
2.3.5.3.	Captura por unidad de esfuerzo.....	41
2.3.5.4.	Diversidad alfa y beta.....	42
A.	Índice de Shannon - Wiener (H').....	42
B.	Índice de Simpson (1-D).....	45
C.	Índice de Jaccard.....	46

2.3.5.5. Distribución.....	47
III. RESULTADOS.....	48
3.1. Composición taxonómica de las especies registradas.....	48
3.2. Diversidad de peces en las cuencas hidrográficas del departamento de Tacna.....	52
3.2.1. Diversidad.....	52
3.2.2. Curva de acumulación de especies y abundancia.....	57
3.2.3. Índices de diversidad.....	64
3.3. Distribución de las especies de peces en las cuencas principales del departamento de Tacna.....	68
IV. DISCUSIÓN.....	103
V. CONCLUSIONES.....	110
VI. RECOMENDACIONES.....	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
VIII. ANEXOS.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Categorías de condición del hábitat según puntuación final del índice SVAP.....	39
TABLA 2.	Lista taxonómica de las especies registradas en las estaciones evaluadas.....	48
TABLA 3.	Número total de especies de peces registradas por cuenca hidrográfica.....	53
TABLA 4.	Esfuerzo de captura.....	57
TABLA 5.	Número total de individuos capturados por especie y estación de muestreo.....	60
TABLA 6.	Índices de diversidad de las especies de peces en las cuencas principales del departamento de Tacna.....	64
TABLA 7.	Ubicación geográfica y elevación de las estaciones de muestreo.....	68
TABLA 8.	Características fisicoquímicas y de hábitat acuático en las estaciones de muestreo evaluadas.....	70
TABLA 9.	Especies de peces registrados por cuenca hidrográfica evaluada en el departamento de Tacna.....	83
TABLA 10.	Abundancia relativa de peces registrados en las cuencas principales del departamento de Tacna...	101

TABLA 11.	Abundancia relativa de peces registrados por cuenca hidrográfica evaluada.....	101
------------------	--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	Proporción de familias de peces registrados en las cuencas principales del departamento de Tacna.....	55
FIGURA 2.	Proporción de especies de peces registrados en las cuencas principales del departamento de Tacna.....	55
FIGURA 3.	Curva de acumulación de las especies de peces registrados en las principales cuencas del departamento de Tacna.....	58
FIGURA 4.	Número de individuos capturados por especie.....	62
FIGURA 5.	Dendrograma de similitud, análisis de cluster o agrupamiento en base al índice de similitud de Jaccard y UPGMA.....	66
FIGURA 6.	Composición del sustrato en las estaciones de muestreo de las principales cuencas del departamento de Tacna.....	75
FIGURA 7.	Composición del hábitat acuático en las estaciones de muestreo de las principales cuencas del departamento de Tacna.....	77
FIGURA 8.	Puntajes totales por estación de muestreo según el	

	criterio SVAP (Evaluación de Río y Quebradas).....	80
FIGURA 9.	Distribución de <i>Orestias agassii</i>	86
FIGURA 10.	Distribución de <i>Gambusia affinis</i>	87
FIGURA 11.	Distribución de <i>Orestias laucaensis</i>	88
FIGURA 12.	Distribución de <i>Orestias parinacotensis</i>	89
FIGURA 13.	Distribución de <i>Orestias</i> sp.....	90
FIGURA 14.	Distribución de <i>Salvelinus fontinalis</i>	91
FIGURA 15.	Distribución de <i>Trichomycterus rivulatus</i>	92
FIGURA 16.	Distribución de <i>Trichomycterus</i> sp.....	93
FIGURA 17.	Distribución de <i>Trichomycterus dispar</i>	94
FIGURA 18.	Estaciones en las que no se registraron peces.....	95
FIGURA 19.	Comparativo del número de especies e individuos por cuencas hidrográficas.....	96
FIGURA 20.	Comparativo del número de especies por familia y cuenca hidrográfica.....	98
FIGURA 21.	Comparativo de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por especie y cuenca hidrográfica.....	99

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	Ubicación del área de estudio.....	123
ANEXO 2.	Ubicación de las estaciones de muestreo.....	124
ANEXO 3.	Fichas de campo.....	125

ANEXO 4.	Criterios de puntuación del Protocolo SVAP.....	128
ANEXO 5.	Evaluación SVAP en las estaciones de muestreo de las principales cuencas del departamento de Tacna.....	132
ANEXO 6.	Panel fotográfico.....	134

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las principales cuencas hidrográficas del departamento de Tacna: Locumba, Sama, Mauri, Caño y Uchusuma. Con el objetivo de evaluar la diversidad y distribución de ictiofauna se registraron los datos de hábitat y colectas en 20 estaciones de muestreo. Aplicando un esfuerzo de 100 lances, se colectaron en total 189 ejemplares, identificándose un total de 9 especies: las especies nativas *Orestias agassii*, *O.laucaensis*, *O. parinacotensis* una especie no determinada (*Orestias* sp.), *Trichomycterus dispar*, *T. rivulatus*, una especie no determinada (*Trichomycterus* sp.) y las especies introducidas *Gambusia affinis* y *Salvelinus fontinalis*. Las especies más abundantes correspondieron a la familia Cyprinodontidae (44 %) seguido de la familia Trichomycteridae (33 %). Se determinó la diversidad y se elaboraron mapas de la distribución de las especies registradas. Se concluye que la diversidad de ictiofauna en el departamento de Tacna es baja y se recomienda incrementar los estudios en la zona para una mayor precisión en el registro de especies y su distribución geográfica.

Palabras clave: ictiofauna, diversidad, cuencas hidrográficas, especies nativas, especies introducidas, distribución geográfica.

ABSTRACT

This study was carried out in the main river basins of the department of Tacna: Locumba, Sama, Mauri, Caño and Uchusuma. The habitat and collection data records were made in 20 sampling stations, with the objective of assessing the diversity and distribution of ichthyofauna. Applying an effort of 100 sets, a total of 189 specimens were collected, identifying a total of 9 species: native species *Orestias agassii*, *O. laucaensis*, *O. parinacotensis* an undetermined species (*Orestias* sp.), *Trichomycterus dispar*, *T. rivulatus*, one species not determined (*Trichomycterus* sp.) and introduced species *Gambusia affinis* and *Salvelinus fontinalis*. The most abundant species corresponded to the family Cyprinodontidae (44%), followed by the family Trichomycteridae (33%). Diversity was determined and maps of the distribution of recorded species were prepared. It is concluded that the diversity of ichthyofauna in the department of Tacna is low and it is recommended to increase studies in the area for greater accuracy in the registration of species and their geographical distribution.

Key words: ichthyofauna, diversity, hidrographic basins, native species, introduced species, geographic distribution.

I. INTRODUCCIÓN

El territorio peruano comprende una parte importante de la cuenca amazónica occidental (que incluyen las vertientes orientales de los altos Andes), la cuenca del lago Titicaca y parte de la vertiente del Pacífico, lo que contribuye a que exista una gran diversidad de hábitats y especies endémicas (Olson et al., 1988).

Los ecosistemas hidrográficos del departamento de Tacna son muy variados y su potencial ecológico muy valioso. Es muy posible que áreas andinas alberguen especies de distribución restringida o géneros cuya taxonomía esté poco resuelta (Ortega et al., 2012). Estas especies son además por su escasez, de gran interés en el ámbito de la conservación.

Dentro de sus expediciones a diferentes cuencas hidrográficas del país el Dr. Hernán Ortega del Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (MHN-MUNMSM) describe trabajos realizados en el río Locumba, ubicado en la zona costera de Tacna, en los cuales fueron reportadas tres especies del género *Basilichthys*, siendo la más común *Basilichthys semotilus* (Ortega et al., 2012).

Con respecto a las cuencas hidrográficas en zonas altoandinas, estudios anteriores reportaron la presencia de especies de truchas introducidas como *Salvelinus fontinalis* (Oyague-Passuni y Franco, 2013) y *Oncorhynchus mykiss* (Ministerio de la Producción [PRODUCE], 2015).

1.1. Planteamiento del problema

Por su situación geográfica poco común, desde pocos metros sobre el nivel del mar hasta miles de metros (hasta alrededor de 4500 msnm) de altura, los ecosistemas hidrográficos del departamento de Tacna son variados (desde cálidos valles costeros hasta zonas altiplánicas de temperaturas muy bajas) y poseen un potencial ecológico muy amplio.

Es muy probable que en zonas altiplánicas del departamento de Tacna se alberguen especies restringidas (endémicas) o géneros cuya taxonomía esté poco resuelta como *Astroblepus*, *Orestias* y *Trichomycterus* (Ortega et al., 2012).

Sin embargo, en el Perú, y específicamente en el departamento, de Tacna no se cuenta con un estudio detallado de la diversidad de peces que existen, lo cual repercute directamente en su estado de conservación y su posible aprovechamiento.

El presente estudio constituye el primer esfuerzo por caracterizar la ictiofauna de las principales cuencas del departamento de Tacna. La caracterización de la diversidad de peces en el departamento de Tacna es importante para el conocimiento científico y para la biología pues cubren vacíos de información importantes. Según Ringuélet (1975) el departamento de Tacna conforma un área que es “simplemente un espacio en blanco en el mapa distribucional” de las especies ícticas de América del Sur. (p. 16)

Cubrir vacíos de información es importante para la biología debido a que permite elaborar listas de conservación de especies. Al respecto, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR] (2018) indica:

Existe un número indeterminado de especies sobre las cuales no hay información adecuada (distribución, tamaño estimado de la población, amenazas, etc.) o, peor aún, no existe ningún dato, por lo que no fue posible hacer una evaluación directa o indirecta de su riesgo de extinción. No obstante, la incertidumbre científica acerca del conocimiento de estas especies no debería ser empleada como motivo para no adoptar medidas preventivas contra las amenazas que se ciernen sobre

ellas y aplazar las medidas de conservación respectivas, sino más bien debe ser empleada para sustentar la necesidad de desplegar esfuerzos para mejorar el conocimiento actual de ellas (p. 16).

Además, existe un creciente interés por el cultivo de especies introducidas de consumo con fines económicos y alimentarios en zonas altas del departamento de Tacna (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016). Para determinar los efectos de la introducción de especies no nativas sobre el ecosistema natural e ictiofauna nativa y decidir respecto a su uso sostenible, promoción y gestión es imprescindible determinar la diversidad ictiológica ya existente (Chocano, 2005; Ortega et al., 2012).

El estudio de la ictiofauna en las principales cuencas del departamento de Tacna permite contar con información importante para evaluar las modificaciones a sistemas acuáticos, establecer criterios para zonas de conservación que involucren sistemas hídricos y promover responsablemente la introducción de especies cultivables.

Los hábitats acuáticos que albergan peces se encuentran en constante cambio, ya sea por presión antropogénica (contaminación y obras civiles en ríos y quebradas) o por causas naturales

(inundaciones, sequías extremas y calentamiento global). Las actividades humanas realizadas en torno a los sistemas hídricos continentales están generando modificaciones en los ecosistemas de las principales cuencas hidrográficas del departamento de Tacna. El desarrollo de infraestructura hidráulica (canales, presas, sistemas de riego y drenaje, transvases, defensas ribereñas como protección ante inundaciones, etc.) y la contaminación (doméstica, agrícola, ganadera e industrial) causa la desaparición, fragmentación y deterioro de hábitats acuáticos (FAO, 2017). La presión humana sobre ecosistemas hídricos repercute directamente en sus componentes a diferentes escalas, incluyendo una de las más importantes en la escala trófica, los peces. Por ello urge contar con información en materia de ictiofauna en el departamento de Tacna, que permita cuantificar el efecto de las actividades humanas sobre los hábitats acuáticos a través del tiempo.

1.2. Hipótesis

El departamento de Tacna posee una baja diversidad y distribución de especies ícticas en las principales cuencas hidrográficas del departamento de Tacna.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la diversidad y distribución de la ictiofauna de las principales cuencas hidrográficas del departamento de Tacna.

1.3.2. Objetivos específicos

- Ubicar taxonómicamente las especies ícticas en las principales cuencas del departamento de Tacna.
- Determinar la diversidad de peces presentes en las principales cuencas del departamento de Tacna.
- Establecer la distribución de la ictiofauna del departamento de Tacna.

1.4. Marco teórico

El Convenio de Naciones Unidas sobre Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica, define el término diversidad biológica o biodiversidad como la “variabilidad de organismos vivos de cualquier origen, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte”; y señala que “comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas” (ONU, 1993).

Gastón (1996) precisa, adicionalmente, que “la diversidad abarca todos los tipos y formas de vida desde los genes, las especies y poblaciones” (p. 15).

Los patrones de biodiversidad en el hábitat se relacionan con los procesos abióticos y bióticos (Brown, 1995). En el caso de cuencas hidrográficas, interactúan factores como gradiente altitudinal, regímenes de caudal, parámetros fisicoquímicos del agua, geología del cauce y desplazamiento de sedimentos. Todos estos factores interactúan para formar una matriz cambiante de hábitats usados por las especies acuáticas (Jowett, 1993).

Con relación a la distribución de las especies a lo largo del

gradiente altitudinal, De la Barra et al. (2016) identifican dos patrones que representan la relación entre la riqueza de especies y la altura. El primer patrón está referido a que existe una mayor riqueza en alturas intermedias y una menor riqueza en las partes bajas e intermedias. El segundo patrón parece prevalecer en los peces tanto en regiones tropicales como en zonas templadas es una relación lineal inversa entre la riqueza y la altura.

Las hipótesis propuestas para explicar la disminución gradual de la riqueza de especies a medida que incrementa la altura son cuatro. La primera de ellas propuesta por Wright (1983) se refiere a la disminución de la energía disponible. Según esta hipótesis los recursos disponibles se reducen por un incremento de altura. Así, la productividad primaria y /o la diversidad de recursos es menor en ambientes de mayor altura. La segunda hipótesis propuesta por Turner et al. (1987) se relaciona con límites fisiológicos exigidos por un mayor rigor climático por la disminución de la temperatura a una mayor altura. La tercera hipótesis propuesta por Williams (1964) hace referencia a la disminución del tamaño y diversidad de hábitats disponibles para peces en razón a un aumento de la altura. La cuarta hipótesis propuesta por De la Barra et al. (2016) propone que la severidad de las condiciones físicas del hábitat (tales como

variaciones abruptas de la pendiente de los cursos de agua) dificultan las vías de dispersión y colonización de las especies de peces debido principalmente a que estas se efectúan principalmente de abajo hacia arriba.

Con respecto al régimen de caudal, Kanno y Vokoun (2014) explica que es una variable principal en la formación y mantenimiento del hábitat. Así, en época de sequías se reduce la columna de agua, lo que reduce la calidad de agua, además aumenta la abundancia de peces y altera la disponibilidad de alimento para los peces. En situaciones de extrema sequía suelen producirse reducción en el tamaño de la población y la riqueza, sobretodo en especies nativas e intolerantes o de aquellas que requirieran de hábitats lóticos a lo largo de todo su ciclo vital además de efectos negativos sobre la reproducción, el estado y el crecimiento individual de los peces.

1.4.1. Diversidad de peces en América del Sur

Estudios realizados en peces continentales de América del Sur, consideraron en primera instancia que el área correspondiente a la costa norte de Chile (desierto de Atacama desde el Río Loa) y el sur del Perú (hasta el Río Rímac en el departamento de Lima) era una “zona sin peces” (Ringuelet,

1975). La principal razón de esta afirmación fue la ausencia total de datos en dicha área. Este vacío de información representó en su momento un blanco importante en el mapa de distribución de especies ícticas de Sudamérica (Vari y Weitzman, 1990).

Posteriormente, con base en patrones de distribución de peces del grupo de *Basilichthys semotilus* y de *Trichomycterus punctulatus*, Dyer (2000) propone de modo similar a Eigenmann (1942), que el área correspondiente al área al sur del departamento de Lima es una extensión del área norte de Chile en términos de fauna íctica.

La zona de los Andes asociada a la cuenca del Titicaca (Perú, Bolivia y Chile), se caracteriza por la presencia de *Trichomycterus*, *Astroblepus* y *Orestias* (Ringuélet, 1975).

Con respecto al género *Trichomycterus*, Valenciennes (1846) describe por primera vez al bagre *Trichomycterus rivulatus* para la cuenca del Titicaca. Estudios posteriores realizados por Eigenmann (1918), Tchernavin (1944) en el Titicaca y Arratia (1983) para el norte chileno contribuyeron a un mayor conocimiento de *Trichomycterus* para Perú, Bolivia y Chile.

En cuanto al género *Orestias*, su área de distribución se extiende desde la provincia de Ancash en el norte peruano hasta provincia de Antofagasta, al norte de Chile (Parenti, 1984). Las primeras descripciones de este género fueron realizadas por Valenciennes (1846).

El género *Astroblepus* cuenta con una distribución reportada en zonas altiplánicas de Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú. Sin embargo, en el sur peruano y en Chile no se ha reportado la presencia de este género (Arratia, 1982).

1.4.2. Diversidad de peces en el Perú

Para el año 2012, se reconocían 1064 especies válidas nativas, pertenecientes a 55 familias y 17 órdenes de peces en Perú (Ortega et al. 2012). Los órdenes dominantes fueron Characiformes y Siluriformes. Los characiformes son los órdenes más diversos y constituyen el 24 % de total de las especies registradas. Para aquel año Ortega et al. (2012), proyectaba el número de especies de peces en el Perú a 1300.

Alrededor de 50 de estas especies se encuentran en ríos costeros que drenan al Océano Pacífico. Así también, 80

especies de peces se ubican en los Andes sobre los 1000 msnm. Los géneros representados en los Andes son *Orestias*, *Astroblepus* y *Trichomycterus*. Y en mayor medida, más de 800 especies han sido registradas en la Amazonía Peruana (Ortega et al., 2012).

1.4.3. Diversidad de peces en el departamento de Tacna

Tacna ha sido considerada por mucho tiempo como el departamento con la menor diversidad de peces en el Perú (Ortega et al., 2012).

Estudios realizados en ríos costeros evidenciaron la presencia en especies del grupo del pejerrey de aguas continentales, *Basilichthys semotilus* desde el río Reque (departamento de la Libertad) hasta el río Sama en departamento de Tacna (Dyer, 1997) y el pez "life" *Trichomycterus punctulatus* en el sur peruano en los ríos Pisco en el departamento de Ica (Vera et al, 2013) y Locumba en el departamento de Tacna (Dyer, 2000).

1.4.4. Cuencas hidrográficas del departamento de Tacna

Según Dourojeanni (1994) una cuenca hidrográfica “es un territorio que es delimitado por la propia naturaleza esencialmente por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales de las zonas que convergen hacia un mismo cauce”. (p.113)

Según Ordoñez (2011) una cuenca “incluye ecosistemas terrestres como selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros y ecosistemas acuáticos como ríos, quebradas, lagunas, humedales, etc. Los límites de una cuenca se establecen por el parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por éste, hasta un punto de salida”. (p.9)

El departamento de Tacna comprende cuencas de la vertiente del Pacífico y de la vertiente del Titicaca. Las cuencas pertenecientes a la vertiente del Pacífico son Locumba, Sama, Caplina y Hospicio y las cuencas de la vertiente del Titicaca son Mauri, Caño y Uchusuma (SIGMINAM, 2010; MINAGRI, 2017).

A continuación, se describen las principales características

hidrológicas e hidrográficas de las principales cuencas del departamento de Tacna.

1.4.4.1. Cuenca Locumba

La cuenca Locumba se encuentra ubicada en el departamento de Tacna y tiene una extensión de 5742,34 km², de las cuales 505 km² corresponden a la cuenca húmeda, es decir aquella porción localizada por encima de los 3900 msnm y que aporta sensiblemente los recursos al escurrimiento superficial que tiene sus nacientes en la parte alta del departamento, extendiéndose hasta el Océano Pacífico. La cuenca del río Locumba cuenta con regulación gracias a la laguna Aricota que posee una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 804 hm³. La cuenca del río Locumba recibe aguas del río Mauri gracias al trasvase del proyecto de derivación del túnel Kovire (MINAGRI, 2010, p. 33).

1.4.4.2. Cuenca Sama

La cuenca Sama pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico y tiene sus orígenes en los nevados Achacollo

(5690 msnm), Barroso (5695 msnm) y Auquitaípe (5453 msnm). Sus cursos de agua son alimentados por las precipitaciones que caen en las partes altas del flanco occidental de la Cordillera de los Andes y, en menor incidencia, con el aporte de los deshielos de los nevados. (MINAGRI, 2010, p.75).

La cuenca Sama tiene un área de drenaje de 4615,65 km², desde sus nacientes hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. La longitud máxima de su recorrido es 128,98 km aproximadamente, con una pendiente promedio de 2,7 % en el tramo de la zona costera hasta la parte media, esta pendiente llega a 13,7 % en la zona alta.

1.4.4.3. Cuenca Uchusuma

El área que encierra la cuenca desde sus nacientes hasta la llegada del río Uchusuma a la frontera con Chile es de 479,11 km² con un perímetro de 112,78 km.

Hidrográficamente la cuenca Uchusuma se ha delimitado en cinco subcuencas principales; de las cuales

tres son tributarias (quebradas Carini y Uncalluta y laguna Blanca) y dos que conforman el cauce principal (MINAGRI, 2010).

1.4.4.4. Cuenca Caño

La cuenca Caño se localiza en el margen derecho del río Mauri y está ubicado a una altitud entre 4100 msnm a 5000 msnm. Esta cuenca se ha delimitado desde sus nacientes hasta la frontera con Bolivia, encerrando un área de 314 km².

Las nacientes del río Caño se producen en las lagunas de Latacota y Parincuta y Tiapujo ubicados en Chiluyo Chico, recibiendo en su recorrido los aportes de las quebradas Pacahuauache, Tolapata, Huayllaputo y Challipina, esta última que nace en territorio peruano entrega sus aguas al río Caño en territorio boliviano (MINAGRI, 2017).

1.4.4.5. Cuenca Mauri

El cauce principal del río Mauri se desplaza predominantemente en dirección noroeste - noreste hasta

el límite internacional con Bolivia.

Las nacientes del río Mauri se producen en el río Quilvire que entrega sus aguas a la laguna Vilacota y este a su vez al río Pamputa para finalmente y luego de conformar la laguna Taccata entregar sus aguas al río Mauri. El río Mauri recibe su nombre cerca de la quebrada Cauchilla, antes de la cual se llama río Pamputa. Antes de llegar a la frontera con Bolivia el río Mauri recibe los aportes del río Chiliculco, la quebrada Mamuta, el río Kaño, el río Kallapuma, el río Ancomarca y el río Huañamauri.

En su recorrido el río Mauri atraviesa las formaciones volcánicas del Capilluni-Barroso, en donde se localiza el túnel Kovire, avanza por pampas con depósitos aluviales: pampa de Chillicolpa (donde se ubican las fuentes termales de boratos y arsénico), pampas Samuta, Llaitire, Titire, y Mauri. Luego el río cruza territorio boliviano para desembocar en el río Desaguadero en un lugar denominado Calacoto (MINAGRI, 2010).

1.4.4.6. Cuenca Hospicio

Se encuentra ubicado en el cono deyectivo del río Caplina y abarca un área de 1347,1 km². Adopta la forma de un gran abanico cuyo vértice se encuentra en el punto de estrangulamiento del valle, entre los cerros de Molles y Magollo limitando con el litoral. Alberga en su mayor parte napa freática con altas reservas de agua subterráneas (ANA, 2010).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El área de estudio comprendió las cuencas Locumba, Sama, Mauri, Caño y Uchusuma en el departamento de Tacna. El departamento de Tacna se encuentra comprendida entre las coordenadas $16^{\circ}58'00''$, $18^{\circ}21'34,4''$ de latitud Sur y los $60^{\circ}28'00''$ de longitud Oeste. El Anexo 1 muestra la ubicación del área de estudio y la delimitación de las cuencas del departamento de Tacna según el criterio de la Autoridad Nacional del Agua (MINAGRI, 2017).

2.2. Población y muestra

Se consideraron todas las poblaciones de peces que habitan las cuencas Locumba, Sama, Mauri, Caño y Uchusuma. La muestra la conformaron los especímenes capturados completamente al azar durante el trabajo de campo mediante lances de red de mano o “calcal”.

2.3. Método

2.3.1. Estaciones de muestreo

Para el establecimiento de las estaciones de muestreo en la vertiente del Pacífico, se consideraron las cuencas Locumba y Sama. Se excluyeron de este estudio las cuencas Caplina y Hospicio.

La cuenca Caplina no fue considerada debido a que la mayor parte de su trayecto natural, desde su origen hasta su desembocadura, ha sido modificada por infraestructura hidráulica, tales como bocatomas, diques, canales, trasvases y otros (MINAGRI, 2017). Los sistemas hidráulicos de la cuenca Caplina tienen por finalidad garantizar el agua de uso agrícola y poblacional.

Para el establecimiento de estaciones en la vertiente del Pacífico tampoco se consideró la cuenca Hospicio, pues la mayor parte de sus cursos de agua son captados por infraestructura agrícola y es de régimen intermitente (MINAGRI, 2017).

Para el establecimiento de las estaciones de muestreo en

la vertiente del Titicaca se consideraron las cuencas Mauri, Caño y Uchusuma. Estas tres cuencas conforman la totalidad de las cuencas de la vertiente del Titicaca para el departamento de Tacna.

El número de estaciones de muestreo para cada cuenca evaluada se determinó en función a los tipos de cuerpos de agua (ríos, quebradas, lagunas o bofedales y humedales) de la cuenca y su extensión (longitud o área). Para la selección de los puntos de muestreo en cada cuerpo de agua de la cuenca, se consideró la representatividad del hábitat, la altitud y las condiciones logísticas y del terreno que permitieran realizar el trabajo de campo de forma adecuada y segura. El Anexo 2 muestra la ubicación de las estaciones de muestreo evaluadas.

2.3.1.1. Cuenca Locumba

En la cuenca Locumba se establecieron 11 estaciones de muestreo en las secciones baja, media y alta de la cuenca, desde los 17 msnm hasta los 4887 msnm. Se evaluaron dos cuerpos de agua lénticos (humedal y laguna) y siete cuerpos de agua lóxicos (ríos). En cada estación de la cuenca Locumba se determinó un punto de muestreo.

Las estaciones evaluadas fueron las siguientes:

A. Humedal de Ite (Estación LOC-02; 17 msnm)

Estación léntica de origen artificial producto del vertimiento de relaves mineros sobre la quebrada Honda hacia la denominada “playa inglesa”. La estación se encuentra ubicada en la parte litoral de la localidad de Pampa Baja del distrito de Ite a 5,3 km de distancia de la desembocadura del río Locumba. La estación registró un cuerpo de aguas poco profundas y de flujo lento. Además, se registró pastoreo en zonas aledañas al punto de muestreo. El aspecto del agua fue transparente, con abundante vegetación circundante y sustrato arenoso. El punto de muestreo fue determinado por las facilidades de acceso brindadas por parte de los ganaderos de caprinos. En otras zonas del humedal el acceso fue restringido.

B. Río Locumba (Estación LOC-01; 41 msnm)

Estación lítica, la estación de muestreo se ubicó

a 1,9 km aguas arriba de su desembocadura en el océano Pacífico, a unos a 4 km en dirección noreste del distrito de Ite. Antes de llegar a este punto el río Locumba atraviesa el distrito de Locumba y la localidad de Camiara. La estación se ubicó en un tramo del río de aguas poco profundas y velocidad de corriente moderada. Sin presencia de población ni campos de cultivo en zonas aledañas a la estación de muestreo. Presentó cauces de un ancho promedio de 4 m y aguas de aspecto lechoso. Este fue el único punto de muestreo en río Locumba debido a que según el portal institucional de la Municipalidad Provincial Jorge Basadre (2017) “las zonas de Puente Locumba y Puente Camiara tienen baja calidad ecosistema, debido posiblemente a que presenta contaminación por desechos orgánicos procedentes de los centros poblados aledaños”. Además, en el momento del muestreo en el tramo aguas arriba del puente Locumba hasta el inicio del río del mismo nombre (sección final del río Salado) se desarrollaron trabajos de descolmatación del cauce donde el lecho

del río fue completa o parcialmente removido.

C. Río Salado (Estación LOC-03; 556 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas y velocidad de corriente alta; ubicada en el río Salado, a 1,4 km aguas arriba de su confluencia con el río Cinto. Adyacente a áreas de cultivo. Presentó cauces de un ancho promedio de 10 m y aguas de aspecto marrón, con abundante vegetación en el cauce del tipo arbusto y gramínea. Se registró la presencia de poblados y ganadería. Se consideró sólo un punto de muestreo en este río debido a que las características de hábitat y altitud fueron similares al largo de todo el curso.

D. Río Ilabaya (Estación LOC-04; 1389 msnm)

Estación lítica, de aguas poco profundas y velocidad de corriente alta, ubicada a 1,7 km aguas arriba de la confluencia con quebrada Colacaya. Adyacente a áreas de cultivo y cercano a obras civiles de prevención ante inundaciones. Presentó cauces

de un ancho promedio de 7 m. Aguas de aspecto transparente, con abundante vegetación en el cauce del tipo arbusto. Se registró la presencia de poblados y ganadería en áreas aledañas.

E. Río Ilabaya (Estación LOC-05; 1504 msnm)

Estación lítica, de aguas poco profundas y velocidad de corriente moderada, ubicada en el poblado de Chejaya a 0,6 km aguas abajo de la confluencia de la quebrada Huanuara y río Ilabaya. La estación se ubicó cerca de áreas de cultivo. Conversaciones con pobladores de la zona indicaron que hace años era usual encontrar al “camarón de río” y al “pejerrey de río” (probablemente *Basilichthys* sp.). El tramo muestreado registró cauces de un ancho promedio de 15 m. Aguas de aspecto transparente, con vegetación en el cauce del tipo arbusto.

F. Río Camilaca (Estación CAI-01; 2883 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas y velocidad de corriente moderada con presencia de pozas

profundas. Adyacente a terrazas de cultivo entre los poblados de Cairani y Camilaca. Registró cauces de un ancho promedio de 7 m. Aguas de aspecto transparente, con escasa vegetación cercana al cauce del tipo arbusto, con presencia de ganadería en zonas cercanas.

G. Río Curibaya (Estación CUR-01; 1678 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas y velocidad de corriente muy alta ubicada cerca de la confluencia con quebrada Chintari, a 11,6 km aguas abajo de la laguna de Aricota. Adyacente a campos de cultivos dispersos. Registró cauces de un ancho promedio de 1 m y aguas de aspecto transparente, con escasa vegetación cercana al cauce del tipo gramínea y arbusto, con presencia de ganadería en zonas cercanas.

H. Laguna Aricota (Estación ARI-01; 2749 msnm)

Estación léntica, ubicada en la zona noroeste de la laguna, a 200 m de área de crianza de truchas. La

profundidad máxima de la laguna es 120 m y área total de 1440 km². El aspecto del agua fue transparente, con abundante vegetación sumergida y bordes con sustrato fangoso. Se consideró sólo una estación de muestreo en la laguna debido a que los ingresos seguros son limitados y el borde fangoso dificulta el desplazamiento en la laguna. Además, como medida de precaución se evitó generar perturbación a los criadores de truchas con la colocación de redes de espera de gran dimensión y el uso de embarcaciones.

I. Río Callazas (Estación CAL-01; 2838 msnm)

Estación lítica, de aguas poco profundas y velocidad de corriente moderada, con pozas aisladas. La estación muestreada se ubicó a 1,3 km aguas arriba de la confluencia con el río Jaruma y a 4 km aguas arriba de laguna Aricota. Adyacente a campos de cultivos dispersos. Registró cauces de un ancho promedio de 15 m. Aguas de aspecto transparente, con escasa vegetación cercana al cauce del tipo

gramínea, con presencia de ganadería en zonas cercanas. Cercano a obras civiles de prevención ante inundaciones.

J. Río Huaytire (Estación HUA-01; 4484 msnm)

Estación lítica, de aguas poco profundas y velocidad de corriente moderada, con pozas aledañas ubicadas en áreas de bofedal a 0,1 km del puente de la carretera binacional, entre Loma Saporcotani y la antigua comunidad campesina de Chaullapujo. Registró cauces de un ancho promedio de 4 m y aguas de aspecto de transparente a verdoso, con escasa vegetación cercana al cauce del tipo pajonal y presencia de ganadería en zonas cercanas.

K. Río Huaytire (Estación HUA-02; 4487 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas y velocidad de corriente moderada, predominaron las pozas ubicadas en áreas de bofedal a 3 km de la laguna de Suches, frente a la localidad de Huaytire. Se registraron cauces de un ancho promedio de 10 m y

aguas de aspecto transparente, con abundante vegetación característico de bofedal, con presencia de ganadería en zonas cercanas. Se reportó la presencia de pozas aisladas de manera artesanal probablemente para el cultivo de truchas.

2.3.1.2. Cuenca Sama

En la cuenca Sama se estableció una estación de muestreo en la sección media de la cuenca. No se evaluó la parte baja y la parte alta de la cuenca Sama. La parte baja de la cuenca no fue evaluada debido a que evidenció perturbación por uso agrícola y pecuario. En la parte alta de la cuenca se presentaron también dificultades logísticas y de seguridad pues los ríos se ubican en la parte más baja de acantilados con pendientes muy pronunciadas.

A. Río Sama (YRS-01; 744 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas y velocidad de corriente muy alta. La estación se ubicó a 1,1 km río abajo del poblado de Yaracuy, a 61 km aguas arriba de su desembocadura en el océano Pacífico.

La estación de muestreo estuvo adyacente a campos de cultivos. Registró cauces de un ancho promedio de 8 m y aguas de aspecto transparente, con escasa vegetación cercana al cauce del tipo arbusto, además de ganadería en zonas aledañas.

2.3.1.3. Cuenca Mauri

En la cuenca del río Mauri se establecieron seis estaciones de muestreo. Todas las estaciones correspondieron a cuerpos de agua lóticos y estuvieron conformados por cinco ríos y una quebrada.

Las secciones evaluadas estuvieron en la naciente del río Mauri (cerca de la laguna Vilacota), en una de las márgenes de esta (cerca de la localidad de Mamaraya) y en la parte media y baja de curso principal del río Mauri.

A. Río Quilvire (VIL-01; 4473 msnm)

Estación lótica, de aguas profundas y velocidad de corriente moderada, predominaron las pozas ubicadas en áreas de bofedal. La estación se ubicó a 2 km aguas arriba de la confluencia de la quebrada

Surijave y a 5 km aguas arriba de la laguna Vilacota frente al poblado de Chincana. Registró cauces de un ancho promedio de 4 m y aguas de aspecto verdoso y marrón, con abundante vegetación sumergida y fondo fangoso. El cauce del río registró cauces con vegetación abundante. La estación se ubicó en áreas de ganadería de camélidos. Se reportó además la presencia de pozas aisladas de manera artesanal para el cultivo de truchas.

B. Río Quequesane (MMY-01; 4283 msnm)

Estación lítica de aguas poco profundas y velocidad de corriente lenta. La estación se ubicó a 0,7 km aguas arriba de la represa de Jarumas, a 200 m aguas arriba del puente del camino hacia la comunidad campesina de Mamaraya cercada por una cadena montañosa. El curso evaluado registró cauces de un ancho promedio de 15 m y aguas de aspecto verdoso con abundante vegetación sumergida y fondo fangoso. El cauce del río presentó vegetación abundante que sirve de alimento a

ganados de camélidos.

C. Quebrada Mamuta (MAM-01; 4629 msnm)

Estación lítica de aguas poco profundas y velocidad de corriente moderada. La estación se ubicó cerca de la comunidad campesina de Mamuta a 4,3 km aguas abajo de su origen en río Mauri. La estación evaluada registró cauces de un ancho promedio de 6 m y aguas de aspecto transparente, con abundante vegetación sumergida y de fondo fangoso. El cauce registró vegetación del tipo pajonal. Presencia de ganado abundante en zonas cercanas.

D. Río Kallapuma (KAL-01; 4629 msnm)

Estación lítica, de aguas poco profundas y velocidad de corriente moderada. La estación se ubicó a 0,5 km de la comunidad campesina Kallapuma y a 2,1 km aguas abajo de su nacimiento en el río Mauri. La estación se constituyó en el punto de confluencia entre la margen izquierda y la margen derecha del río Kallapuma. La estación registró

cauces de un ancho promedio de 7 m y aguas de aspecto verdoso, con abundante vegetación sumergida de fondo fangoso y cauces de vegetación del tipo pajonal. Con presencia de ganadería en zonas aledañas.

E. Río Kallapuma (MAU-01; 4238 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas y de velocidad de corriente lenta. La estación se ubicó en la margen izquierda del río Kallapuma, aledaño a la comunidad campesina de Kallapuma en área de bofedal y pastoreo a 0,5 km aguas abajo de su nacimiento en río Mauri. La estación registró cauces de un ancho promedio de 7 m con aguas de aspecto verdoso y marrón y abundante vegetación sumergida de fondo muy fangoso.

F. Río Mauri (MAU-02; 4094 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas y velocidad de corriente muy alta. La estación se ubicó en el río Mauri, a 75 km aguas abajo de su nacimiento en la

laguna Vilacota, adyacente al puente de carretera Tacna – Colpa - La Paz. Registró cauces de un ancho promedio de 8 m con aguas de aspecto transparente, con abundante vegetación sumergida y fondo de canto rodado. Además, presentó ganadería de camélidos en zonas aledañas.

2.3.1.4. Cuenca Caño

En la cuenca Caño se estableció una estación de monitoreo en la parte media de la cuenca. La pendiente de esta cuenca es poco pronunciada con hábitats similares entre la parte alta y media de la misma. Se escogió un punto de muestreo debido que la mayor parte de esta cuenca cruza la frontera hacia Bolivia.

A. Río Caño (CAÑ-01; 4130 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas y velocidad de corriente moderada, predominaron las pozas formadas por remoción de vegetación seca. La estación se ubicó cerca de la comunidad campesina de río Caño a 10,6 km aguas abajo de su nacimiento en

la laguna Chiluyo (Chiluyo Chico), distrito de Palca. La estación registró cauces de un ancho promedio de 50 m con aguas de aspecto transparente y abundante vegetación sumergida y de fondo fangoso. Los cauces tienen abundante vegetación característica de bofedal con presencia de abundante ganadería en zonas cercanas. Se notó la presencia de pozas de agua aisladas de manera artesanal probablemente para el cultivo de truchas.

2.3.1.5. Cuenca Uchusuma

En la cuenca Uchusuma se estableció una estación de muestreo cerca al poblado de Alto Perú. El tramo desde la naciente del río Uchusuma en el departamento de Tacna es relativamente corto debido a que la mayor parte de la cuenca ingresa a territorio chileno.

A. Río Uchusuma (UCH-01; 4269 msnm)

Estación lítica, de aguas profundas de flujo muy lento. Estación en ubicación adyacente a área de salares y paralelo a canal de concreto que colecta

agua del cauce principal. La estación fue paralela a la quebrada Ancuyo, a 6,1 km aguas abajo de su nacimiento en el río Uchusuma; pertenece al área correspondiente a la laguna Blanca. La estación presentó cauces de un ancho promedio de 4 m y una profundidad máxima de 0,8 m con aguas con escaso movimiento y de elevada turbidez, color aparente verde olivo; de fondo fangoso de color negruzco y abundante vegetación acuática sumergida.

2.3.2. Captura de individuos y esfuerzo de muestreo

Para la colecta de peces se siguieron los protocolos sugeridos en MHN UNMSM-MINAM (2014) y Sostoa (2005).

Para el muestreo de peces en las estaciones establecidas se utilizó una red de mano o cuchara “cal cal” de apertura de malla de 1/2 pulgada en un soporte rígido de 40 cm x 30 cm.

El muestreo consistió en el recorrido de una distancia 100 m en el lecho del río. El portador de la red caminó aguas arriba del río, buscando posibles refugios de peces (pozas, rocas, troncos sumergidos y vegetación acuática). El esfuerzo

empleado en cada una de las estaciones en los que se utilizó red de mano fue registrado como el número de lances en todo el recorrido.

Todos los individuos colectados fueron depositados en baldes con agua para su identificación, medición de longitud total (mm) y pesado (g), empleando un ictiómetro y una balanza electrónica de 0,1 g de precisión; posteriormente los peces fueron devueltos al cuerpo de agua. Aquellos individuos que no pudieron ser identificados en el campo, fueron preservados en formol al 10 % y depositados en una bolsa plástica hermética con etiqueta, para su identificación en el laboratorio.

2.3.3. Registro de datos de campo

La descripción del hábitat acuático se realizó usando fichas de campo recomendados por MHN UNMSM-MINAM (2014) y por Sostoa (2005), estas fichas fueron validadas por especialistas del MHN UNMSM. El Anexo 3 muestra la ficha empleada en campo.

Los parámetros fisicoquímicos del agua (temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto) fueron medidos

empleando un equipo multiparámetros Hanna modelo HI 9829.

Además se realizó una evaluación cuantitativa de las condiciones del hábitat acuático y sus riberas mediante el Protocolo de Stream Visual Assessment Protocol (SVAP) (NRCS, 1998) y SVAP Versión 2 (NCRS, 2009) modificados por Oyague (2006) en la caracterización del río Ponasa (departamento de San Martín, Perú). El SVAP modificado es un protocolo que permite caracterizar los cuerpos de agua lóticos con el fin de determinar la condición del hábitat, en base a 12 criterios. El Anexo 4 presenta los 12 criterios considerados y puntuación asignada a cada uno de ellos según la condición del hábitat.

La determinación del valor de la puntuación final de condición de hábitat consistió en la sumatoria de los valores asignados a cada criterio (1 al 10 en función a su característica), dividido entre el total de criterios empleados (NRCS, 1998). La Tabla 1 presenta las categorías del índice SVAP según el puntaje final obtenido para cada estación de muestreo.

Tabla 1.

Categorías de condición del hábitat según puntuación final del índice SVAP.

Puntuación SVAP final por estación	Categoría de condición de hábitat
9-10	Excelente
7-8,9	Bueno
5-6,9	Moderado
3-4,9	Pobre
1-2,9	Severamente degradado

Fuente: NRCS (1998).

2.3.4. Identificación taxonómica de los individuos

La identificación de individuos se desarrolló en el laboratorio del Departamento de Ictiología del Museo de Historia Natural de la Universidad San Marcos (MHN UNMSM), donde los peces preservados con formol fueron lavados y depositados en frascos con alcohol al 70 %. Los peces almacenados fueron separados por morfotipos en cada estación. Posteriormente, se procedió con la identificación taxonómica de cada morfotipo hasta el nivel de especie. Para la determinación taxonómica se obtuvieron datos morfológicos, morfométricos y merísticos, con ayuda de estereoscopio y calibrador (precisión de 0,1 mm) y

bibliografía especializada: Arratia (1982, 1983, 1990) para Trichomycteridae y Lauzanne (1981, 1982); Tchernavin (1944a), Parenti (1981, 1984) y Arratia (2017) y Vila y Pinto (1986) para Ciprinodontidae. Se siguió la clasificación y nomenclatura de Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America-CLOFFSCA (Reis, 2003).

2.3.5. Diversidad

La diversidad es el número absoluto de especies de una reunión, comunidad o muestra. Algunos autores la describen como la medida del número de especies y su abundancia relativa en la comunidad; así una baja diversidad se refiere a pocas especies o abundancias iguales; una alta diversidad se refiere a muchas especies o abundancias iguales (Odum, 1985; Moreno, 2001).

2.3.5.1. Riqueza de especies

La riqueza de especies (s), es el número total de especies presentes en la muestra o en el total de muestras (Odum, 1985; Begon et al., 2006).

2.3.5.2. Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies es un método de estimación del número total de especies presentes en un hábitat, estableciendo un modelo asintótico de predicción y saturación de especies. Los modelos de predicción y saturación de especies permiten dar una mayor fiabilidad a los inventarios biológicos posibilitando su comparación con otros estudios, planificar el trabajo de muestreo en campo, estimar el esfuerzo e inferir el total de especies presentes en un área determinada a partir de lo observado en campo (Colwell y Coddington, 1994).

Para el procesamiento de datos y la elaboración de la curva de acumulación de especies se empleó el programa informático Primer E versión 9.3.1.

2.3.5.3. Captura por unidad de esfuerzo

La abundancia relativa de cada especie entre estaciones de muestreo fue calculado en términos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) traducido también como éxito de captura que permite identificar aquellas

especies que por su escasa representatividad son más sensibles a las perturbaciones ambientales además de realizar comparaciones entre muestreos, siendo utilizado como un estimador del “stock” poblacional (Petriere et al., 2010).

Donde:

C.P.U.E= n° especímenes/esfuerzo de muestreo

El análisis de CPUE consideró todos los individuos registrados (capturados y observados) en términos de número de peces por lance según arte de pesca.

2.3.5.4. Diversidad alfa y beta

Para el cálculo de los índices de diversidad alfa y beta se utilizó el programa informático PAST versión 3.13.

La diversidad alfa se define como la medida de la riqueza de especies dentro de un área homogénea determinada denominado hábitat (Moreno, 2011).

A. Índice de Shannon - Wiener (H')

En la presente evaluación se utilizó el índice de

diversidad de Shannon - Wiener, que es uno de los índices más utilizados para estudios ecológicos, ya que es sensible a los cambios en las abundancias de las especies más escasas (Krebs, 1999).

Se cuantificó la diversidad de especies usando la Teoría de la Información (Shannon, 1948) que combina dos componentes de diversidad: el número de especies diferentes y la igualdad o equilibrio de la distribución de individuos entre las especies presentes (Hutcheson, 1970; Magurran, 1988).

El índice de Shannon-Wiener da mayor peso a especies raras y menor peso a especies más comunes, por lo que se mide mediante el cálculo de la proporción de cada especie en una muestra. La fórmula del índice de Shannon - Wiener (H') es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_n p_i$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener.

s = riqueza de especies.

p_i = proporción de la especie i ($p_i = n_i / N$).

El índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de “ s ” cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988). Un valor alto de este índice indica un gran número de especies con proporciones similares; mientras que un número bajo indica la dominancia de un grupo conformado por pocas especies.

La base del logaritmo usada en la fórmula para calcular este índice puede ser indistintamente decimal (\log_{10}), natural (\log_e o \ln) o binaria (\log_2); debido a que no hay ventajas en el uso de una u otra forma, pues todas son consistentes. En el presente análisis se utilizó el logaritmo en base dos (\log_2).

B. Índice de Simpson (1-D)

El índice de diversidad de Simpson (1-D) refleja la distribución proporcional de individuos de una misma comunidad en una determinada área, teniendo en cuenta el número de grupos taxonómicos así como la abundancia de cada uno de ellos (Krebs, 1989).

El índice es expresado como:

$$1-D$$

Donde:

$$D = \sum (p_i)^2$$

p_i = proporción del total de la muestra perteneciente a su taxón i .

Los valores oscilan de cero a uno. Un valor cercano a cero indica que la comunidad tiene muy pocos grupos taxonómicos o un gran número de individuos en grupos taxonómicos dominantes. Valores cercanos a uno indican una distribución equitativa de individuos entre los grupos taxonómicos encontrados.

Para el cálculo de la diversidad beta se utilizó el índice de Jaccard.

C. Índice de Jaccard

Este índice expresa el grado de similitud de especies entre localidades o áreas de muestreo, teniendo en cuenta relaciones de presencia-ausencia de las especies que son comunes a las dos áreas y el número total de especies (Kent y Coker, 1992; Badii et al., 2007). El valor de este índice va de cero (no hay especies compartidas) a uno (misma composición de especies) (Moreno, 2001).

El índice es expresado como:

$$I_j = \frac{c}{a+b-c}$$

Donde:

a = N° de especies en la muestra A y B.

b = N° de especies en la muestra B pero no en A.

c = N° de especies en la muestra A pero no en B.

2.3.5.5. Distribución

Con la finalidad de comprender gráficamente la distribución de las especies ícticas en el departamento de Tacna se elaboraron mapas relacionando las capturas por estación de muestreo. Además se incorporó información sobre la caracterización física, química y de calidad visual (SVAP) del hábitat de las estaciones para relacionarlo con la presencia de las especies.

III. RESULTADOS

3.1. Composición taxonómica de las especies registradas

Tabla 2.

Lista taxonómica de las especies registradas en las estaciones de muestreo evaluadas.

Orden	Familia	Especie
Cyprinodontiformes	Cyprinodontidae	<i>Orestias agassii</i>
		<i>Orestias laucaensis</i>
		<i>Orestias</i> sp.
		<i>Orestias parinacotensis</i>
Salmoniformes	Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>
	Salmonidae	<i>Salvelinus fontinalis</i>
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus dispar</i>
		<i>Trichomycterus rivulatus</i>
		<i>Trichomycterus</i> sp.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En total se identificaron 9 especies de peces agrupados

en 4 géneros, 4 familias y 3 órdenes. Los géneros registrados fueron *Orestias*, *Gambusia*, *Salvelinus* y *Trichomycterus*.

El género *Orestias* es un grupo de interés en América del Sur principalmente debido a factores de endemismo y adaptación a sistemas hídricos de altura. Las especies que conforman el género *Orestias* son a la fecha 46 especies (Arratia, 1982; Lauzane, 1982; Parenti, 1984; Guerrero et al., 2015), de las que 15 especies son parte del Lago Titicaca. El rango de distribución de *Orestias* comprende desde lago Lacsha del departamento de Junín en Perú al norte hasta el Salar de Ascotán en la región Antofagasta en Chile al sur.

El nombre del género *Orestias* deriva su nombre a las figuras de la mitología griega, que representa a las ninfas de las montañas en alusión al hábitat que ocupa este género en los Andes (Valenciennes, 1846).

Las características morfológicas de *Orestias* son: ausencia de aleta pélvica y cintura pélvica y de aleta adiposa, ausencia de vómer, boca protractil con una o dos series de dientes unicúspides, presenta gónadas impares situadas en la parte media posterior de la cavidad abdominal, y en algunos casos

evidencia un patrón de escamas y poros en la cabeza característico por especie (Parenti, 1984).

El género *Gambusia* estuvo representado por la especie *Gambusia affinis*. *G. affinis* es una especie originaria del Golfo de México y está ampliamente distribuida en Centro y Norteamérica. Esta especie ha sido introducida con éxito en una gran variedad de sistemas acuáticos con fines de control larval de mosquitos, debido a poseer una amplia capacidad de adaptación y tolerancia a condiciones extremas de salinidad y temperatura, alta tasa de reproducción y supervivencia de juveniles al ser ovovivíparos (Pyke, 2005). En la actualidad *Gambusia affinis* está catalogado como una especie invasiva (Global Invasive Species Database, 2017).

El género *Salvelinus* estuvo representado por *Salvelinus fontinalis* o trucha de arroyo, que es oriunda de noreste de Norteamérica, se encuentra en parte de Estados Unidos y Canadá y ha sido utilizada ampliamente a otros países con fines de cultivo para alimento y pesca deportiva.

Salvelinus fontinalis es una especie que fue introducida al Perú en 1955 procedente de los Estados Unidos, y fue

establecida en lagos y cursos de agua sobre los 2500 msnm (Cossíos, 2010). Según Wellcomme (1988), la razón de su introducción fue “ocupar un nicho vacante en ríos de gran altitud”. (p.35). Los registros de *S. fontinalis*, en el departamento de Tacna corresponden al centro poblado Huaytire (provincia de Candarave) en el departamento de Tacna (Oyague-Passuni y Franco, 2013).

Trichomycterus es un género cuyo estudio presenta grandes retos, principalmente por la gran diversificación que posee en áreas geográficas muy restringidas. Además, existen especies que están limitadas a una sola localidad, por lo que el acceso a sus poblaciones es difícil. Algunas especies del género *Trichomycterus* presentan variaciones intraespecíficas que afectan características externas (patrones de coloración que varían por periodos cortos según el sustrato) e internas (estructuras del esqueleto caudal).

En términos generales, la mayoría de especies de *Trichomycterus* son carnívoros y se alimentan principalmente de organismos bentónicos, principalmente de los grupos Ephemeroptera, Chironomidae, Plecoptera y Culicidae. Los

hábitats de mayor preferencia de *Trichomycterus* son principalmente cursos de agua de alta circulación con sustrato de piedras pequeñas (Chará et al., 2006).

3.2. Diversidad de peces en las cuencas hidrográficas del departamento de Tacna

3.2.1. Diversidad

Tabla 3.
Número total de especies de peces registradas por cuenca hidrográfica.

Orden	Familia	Especie	Cuenca				
			Locumba	Sama	Mauri	Caño	Uchusuma
		<i>Orestias agassii</i>	X	-	X	-	X
		<i>Orestias laucaensis</i>	-	-	-	-	X
Cyprinodontiformes	Cyprinodontidae	<i>Orestias</i> sp.	-	-	-	-	X
		<i>Orestias parinaco_tensis</i>	-	-	-	X	X

continúa...

Orden	Familia	Especie	Cuenca				
			Locumba	Sama	Mauri	Caño	Uchusuma
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	X	-	-	-	-
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Salvelinus fontinalis</i>	X	-	-	-	-
		<i>Trichomycterus dispar</i>	-	-	X	-	X
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus rivulatus</i>	-	-	X	X	-
		<i>Trichomycterus</i> sp.	X	-	-	-	-
Número de especies registradas			4	0	3	2	5

Fuente: Datos obtenidos en campo

Leyenda: X= Presencia de especies; -=Ausencia de especies.

Interpretación:

A nivel de cuencas hidrográficas del departamento de Tacna el número de especies de peces identificadas osciló entre 0 y 5 especies, tal como se muestra en el Tabla 3.

En la cuenca Uchusuma se identificaron cinco especies, el mayor número de especies registrado respecto

al resto de cuencas hidrográficas evaluadas. Las especies identificadas pertenecieron principalmente al género *Orestias* y fueron *O. agassii*, *O. laucaensis*, *O. parinacotensis* y una especie no determinada (*Orestias* sp.), representando el número total de especies de *Orestias* registrado en todo el departamento de Tacna (4 especies). Además, en la cuenca Uchusuma se identificó a la especie *Trichomycterus dispar*.

En la cuenca Locumba se identificaron cuatro especies de peces. De estas, dos de las especies identificadas representan a especies de peces introducidas (*Gambusia affinis* y *Salvelinus fontinalis*). Las dos especies restantes fueron las especies nativas *Orestias agassii* y *Trichomycterus* sp.

En la cuenca Mauri se identificaron tres especies de peces, los cuales pertenecieron principalmente al género *Trichomycterus*. Las especies identificadas fueron *T. rivulatus* y *T. dispar*. Además, se registró a la especie *Orestias agassii*.

En la cuenca Caño se identificaron dos especies

ícticas, *Orestias parinacotensis* y *Trichomycterus rivulatus*.

En la cuenca Sama no se registró ninguna especie de pez.

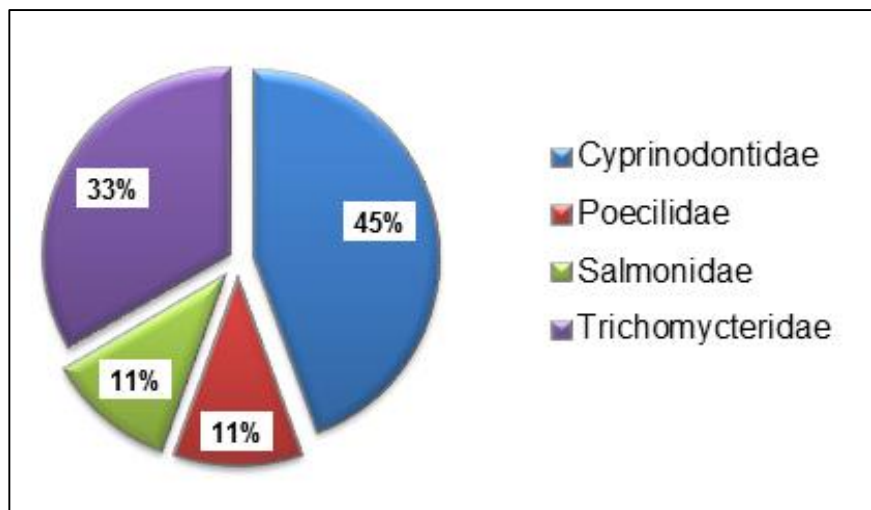


Figura 1. Proporción de familias de peces registradas en las cuencas principales del departamento de Tacna.
Fuente: Cuadro 3.

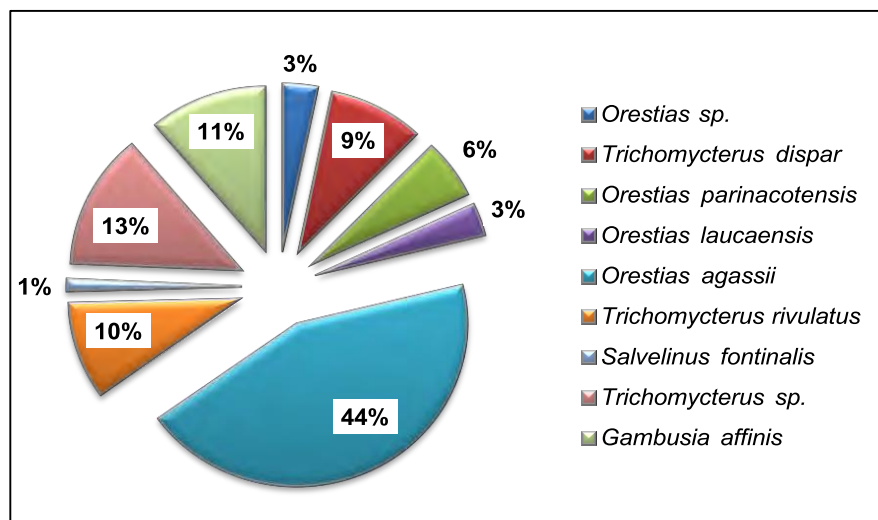


Figura 2. Proporción de especies de peces registrados en las cuencas principales del departamento de Tacna.
Fuente: Cuadro 3.

Interpretación:

A nivel general, la familia Cyprinodontidae registró la mayor riqueza (45 %) de la riqueza de especies, debido principalmente a un mayor número de registros de especies del género *Orestias*. El género *Orestias* estuvo representado por las especies *O.agassii* que reportó el 44 % del total de los ejemplares registrados por especie. Además, se reportaron las especies *O.parinacotensis* con el 6 % y *O.laucaensis* y una especie no determinada a nivel de especie denominada *Orestias* sp. con el 3 % del total de individuos registrados respectivamente.

En segundo lugar, la familia Trichomycteridae registró el 33 % de la riqueza de especies y estuvo representada por especies del género *Trichomycterus*. Las especies registradas fueron *Trichomycterus* sp., *T.rivulatus* y *T.dispar* con el 13 %, 10 % y 9 % del total de individuos registrados respectivamente.

La familia Poeciliidae y la familia Salmonidae registraron el 11 % de la riqueza de especies respectivamente. La familia Poeciliidae registró a la especie

Gambusia affinis que alcanzó el 11 % del total de los individuos registrados. La familia Salmonidae registró a la especie *Salvelinus fontinalis* que alcanzó solo el 1 % del total de individuos.

Tanto *Gambusia affinis* como *Salvelinus fontinalis* constituyen las únicas especies no nativas (introducidas) registradas en las estaciones de muestreo, estas especies registraron un número de individuos reducido en relación con el número de individuos de especies nativas pertenecientes a las familias Ciprinodontidae y Trichomycteridae.

3.2.2. Curva de acumulación de especies y abundancia

Tabla 4.
Esfuerzo de captura.

Cuenca	Nombre del Cuerpo de Agua	Estación	U.E.
Locumba	Río Locumba	LOC-01	5
	Humedal de Ite	LOC-02	5
	Río Salado	LOC-03	5
	Río Ilabaya	LOC-04	5
	Río Ilabaya	LOC-05	5
	Río Camilaca	CAI-01	5
	Río Curibaya	CUR-01	5
	Laguna Aricota	ARI-01	5
	Río Callazas	CAL-01	5
	Río Huaytire	HUA-01	5
	Río Huaytire	HUA-02	5

continúa...

Cuenca	Nombre del Cuerpo de Agua	Estación	U.E.
Sama	Río Sama	YRS-01	5
	Río Quilvire	VIL-01	5
	Río Quequesane	MMY-01	5
Mauri	Quebrada Mamuta	MAM-01	5
	Río Kallapuma	KAL-01	5
	Río Mauri	MAU-01	5
	Río Kallapuma	KAL-01	5
Caño	Río Mauri	MAU-02	5
	Río Caño	CAN-01	5
Uchusuma	Río Uchusuma	UCH-01	5
Esfuerzo total			100

Fuente: Elaboración propia
Leyenda: U.E. Unidad de esfuerzo

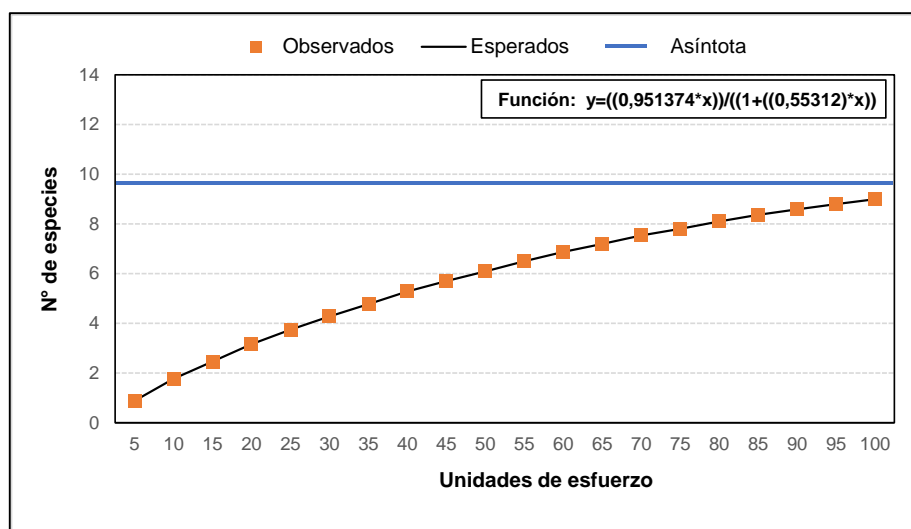


Figura 3. Curva de acumulación de las especies de peces registrados en las principales cuencas del departamento de Tacna.

Unidad de esfuerzo (U.E)= N° de lances de red 30cmx40cm (apertura de malla 0,5"/100 m de recorrido lineal; S. obs.=9; R²=0,999; a/b=17,20; pendiente=0,06

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

La curva de acumulación de especies ofrece una comparación entre el número de especies observadas y esperadas. De este modo, las especies registradas en el presente estudio fueron comparadas con el modelo de predicción y saturación de especies.

Según los resultados de la curva de acumulación de especies se registraron 9 especies al emplear 100 U.E. La pendiente resultante es 0,06 (menor que 0,1); lo cual indica que se logró un inventario bastante completo y altamente fiable (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

La asíntota obtuvo un valor de 9,568 que es aproximado a 10, es decir el modelo predictivo indica que el número de especies esperadas para las principales cuencas del departamento de Tacna es 10 especies. Así, se logró registrar el 96 % de las especies esperadas. El que el número de especies observadas se acerque tanto al valor asintótico implicaría que un incremento en el esfuerzo empleado no incrementaría sustancialmente el número de las especies que se hallarían.

Tabla 5.*Número total de individuos capturados por especie y estación de muestreo.*

Orden	Familia	Especie	Cuenca Locumba											
			LOC-01	LOC-02	LOC-03	LOC-04	LOC-05	CAI-01	CUR-01	ARIC-01	CAL-01	HUA-01	HUA-02	
Cyprinodontiformes	Cyprinodontidae	<i>Orestias agassii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
		<i>Orestias laucaensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Orestias</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Orestias parinacotensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Salvelinus fontinalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus dispar</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Trichomycterus rivulatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Trichomycterus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	

continúa...

Orden	Familia	Especie	Cuenca Sama		Cuenca Mauri				Cuenca Caño	Cuenca Uchusuma	
			YRS-01	VIL-01	MMY-01	MAM-01	KAL-01	MAU-01	MAU-02	CAÑ-01	UCH-01
Cyprinodontiformes	Cyprinodontidae	<i>Orestias agassii</i>	-	8	18	2	18	34	-	-	1
		<i>Orestias laucaensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6
		<i>Orestias</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	6
		<i>Orestias parinacotensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	6	5
		<i>Gambusia affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Salmoniformes	Poeciliidae	<i>Salvelinus fontinalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Salmonidae	<i>Trichomycterus dispar</i>	-	-	-	10	-	-	-	-	7
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus rivulatus</i>	-	-	-	-	-	-	3	15	-
		<i>Trichomycterus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Datos obtenidos en campo

Leyenda:

- = No se registraron individuos

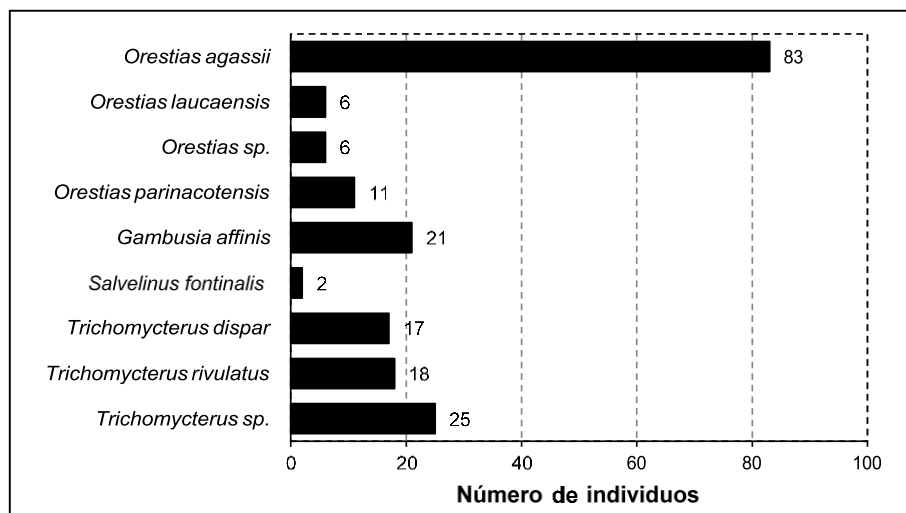


Figura 4. Número de individuos capturados por especie
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

La Tabla 5 y la Figura 4 indican un dominio de especies nativas pertenecientes al género *Orestias* principalmente de la especie *Orestias agassii* (83 individuos). Esta especie registró un mayor número de capturas en las estaciones de la cuenca Mauri.

Otras especies nativas del género *Orestias* fueron *Orestias parinacotensis* (11 individuos) y *Orestias laucaensis* y *Orestias sp.* (6 individuos de cada especie).

Las especies nativas del género *Trichomycterus* reportaron un mayor número de individuos capturados de

la especie *Trichomycterus* sp. (25 individuos), que fue capturado en la estación ubicada en la laguna de Aricota de la cuenca Locumba, mientras que *Trichomycterus rivulatus* (18 individuos) y *Trichomycterus dispar* (17 individuos) fueron capturados solo en las estaciones de las cuencas Mauri, Caño y Uchusuma.

En las estaciones ubicadas en la parte alta de la cuenca Locumba fue registrada la especie no nativa *Salvelinus fontinalis* “trucha de arroyo” con 2 individuos capturados. En las estaciones de la parte baja de la cuenca, la especie introducida *Gambusia affinis* registró 21 individuos capturados. Esta especie conocida como “guppy” fue introducida en el distrito de Ite en 2012 con fines de control larval de mosquitos *Anopheles pseudopunctipennis* y *Culex* sp. (Proyecto de Inversión Pública Código SNIP N°248614).

3.2.3. Índices de diversidad

Tabla 6.

Índices de diversidad de las especies de peces en las cuencas principales del departamento de Tacna.

Cuenca	N° de especies	N° de individuos	Índice de Shannon $H'(\text{Log}_2)$	Índice de Simpson (D)	Índice de Simpson (1-D)
Locumba	4	50	1,4	0,4	0,6
Sama	0	0	-	-	-
Mauri	3	93	0,7	0,7	0,3
Caño	2	21	0,9	0,6	0,4
Uchusuma	5	25	2,2	0,2	0,8

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de la Tabla 5.

Interpretación:

La mayoría de estaciones registraron valores moderados de la diversidad según los índices de Shannon - Wiener y de Simpson calculados.

El índice de Shannon-Wiener indica que la cuenca más diversa en el departamento de Tacna es la cuenca Uchusuma ($H'=2,2$ bits), es decir presenta el mayor número de especies y una muestra más heterogénea con una distribución más uniforme. En orden de mayor a menor diversidad según el índice de Shannon-Wiener las cuencas hidrográficas fueron Uchusuma ($H'=2,2$ bits), Locumba

($H' = 1,4$ bits), Caño ($H' = 0,9$ bits) y Mauri ($H' = 0,7$ bits).

No se pudo determinar el índice de diversidad de Shannon -Wiener en la cuenca Sama debido a la ausencia de registros.

El índice de Simpson, indica que la cuenca Uchusuma alcanzó la mayor uniformidad de especies ($D = 0,2$) y una alta diversidad ($1 - D = 0,8$) calculados debido a la una mayor presencia de las especies del género *Orestias*, *O. agassii*, *O. laucaensis*, *Orestias* sp., *O. parinacotensis* y *Trichomycterus dispar*. En orden de mayor a menor diversidad según el índice de Simpson las cuencas hidrográficas fueron Uchusuma ($1 - D = 0,8$), Locumba ($1 - D = 0,5$), Caño ($1 - D = 0,4$) y Mauri ($1 - D = 0,3$).

No se pudo determinar el índice de diversidad de Simpson y su valor inverso en la cuenca Sama debido a la ausencia de registros.

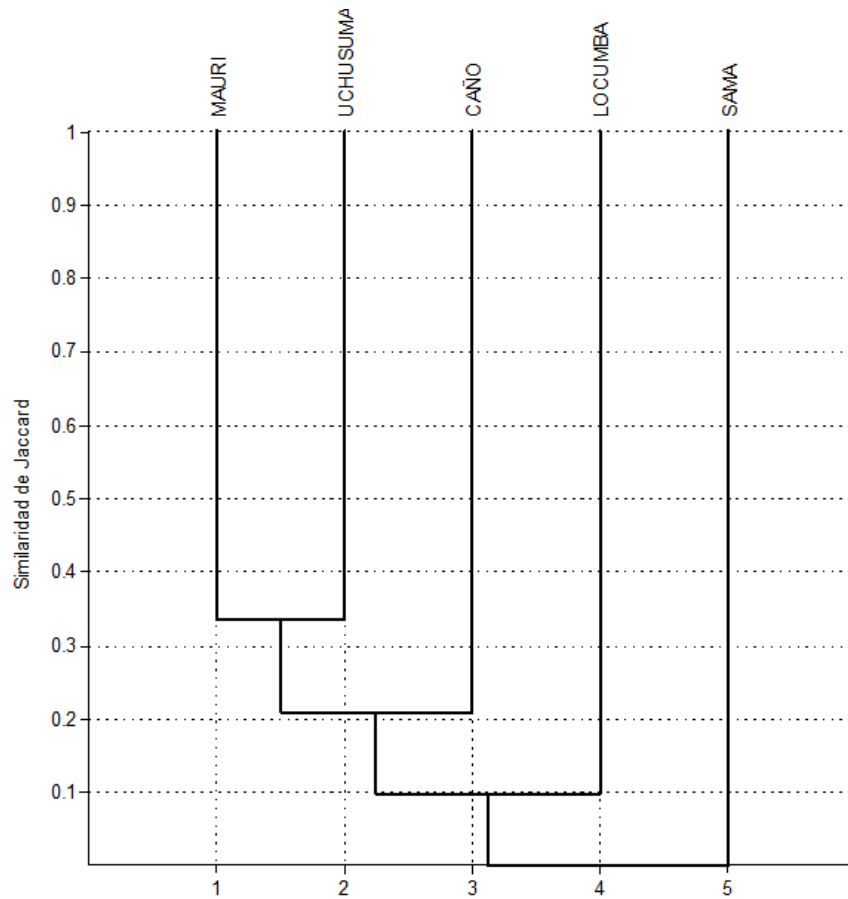


Figura 5. Dendrograma de similaridad, análisis de cluster o agrupamiento en base al índice de similaridad de Jaccard y UPGMA
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Para una mejor comprensión, los valores obtenidos para el índice de Jaccard fueron expresados en términos porcentuales.

El análisis de cluster y agrupamiento obtenido con

base en el índice de similaridad de Jaccard y UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) muestra la formación de dos agrupamientos principales, el primero formado por las cuencas Mauri, Uchusuma y Caño junto con la cuenca Locumba que registraron un valor de 0 % de similitud con la cuenca Sama debido a la ausencia total de registros en ella.

El primer grupo se divide en dos subgrupos. El primer subgrupo está conformado por las cuencas Mauri, Uchusuma y Caño pertenecientes a la vertiente del Titicaca sobre los 4094 msnm que comparten menos del 10 % de las especies con el segundo subgrupo conformado por la cuenca Locumba que pertenece a la cuenca del Pacífico. El 10 % de similitud entre ellas se debe principalmente a que la especie *Orestias agassii* también fue registrada en la parte alta de la cuenca Locumba (4484 msnm). La presencia de la cuenca Locumba en el segundo subgrupo y no en el primero se debe a los registros de la especie introducida *Gambusia affinis* y de la especie nativa *Trichomycterus* sp. en estaciones de menor altura (< 2749 msnm) y de *Salvelinus fontinalis*. Estas tres

especies estuvieron ausentes en el resto de cuencas.

El primer subgrupo se subdivide a su vez en dos subagrupamientos. El primero de ellos está formado por las cuencas Mauri y Uchusuma que comparten entre sí aproximadamente el 33 % de las especies, ambas cuencas presentan altitudes similares (alrededor de 4000 msnm) y se encuentran asociados a la vertiente del Titicaca. El segundo subagrupamiento está conformado únicamente por la cuenca Caño (4130 msnm) y comparten con el primer subagrupamiento (Mauri y Uchusuma) poco más del 20 % de las especies. La cuenca Caño fue la única cuenca donde se registró a *Orestias laucaensis*.

3.3. Distribución de las especies de peces en las cuencas principales del departamento de Tacna

Tabla 7.
Ubicación geográfica y elevación de las estaciones de muestreo.

Cuenca	Nombre del cuerpo de agua	Estación	Coordenadas UTM (W84S Zona 19K)		Altitud (msnm)
			Este	Norte	
Locumba	Río Locumba	LOC-01	292 623	8 019 656	41

continúa...

Cuenca	Nombre del cuerpo de agua	Estación	Coordenadas UTM (W84S Zona 19K)		Altitud (msnm)
			Este	Norte	
Locumba	Humedal de Ite	LOC-02	287 857	8 021 772	17
	Río Salado	LOC-03	314 494	8 051 253	556
	Río Ilabaya	LOC-04	339 868	8 074 350	1 504
	Río Ilabaya	LOC-05	340 874	8 076 057	1 389
	Río Camilaca	CAI-01	353 831	8 089 326	2 883
	Río Curibaya	CUR-01	350 920	8 073 025	1 678
	Laguna Aricota	ARI-01	360 220	8 080 277	2 749
	Río Callazas	CAL-01	368 573	8 083 423	2 838
	Río Huaytire	HUA-01	354 497	8 133 019	4 484
	Río Huaytire	HUA-02	353 998	8 132 747	4 484
Sama	Río Sama	YRS-01	343 773	8 044 698	744
Mauri	Río Quilvire	VIL-01	389 017	8 111 310	4 473
	Río Quequesane	MMY-01	398 886	8 081 752	4 283
	Quebrada Mamuta	MAM-01	443 177	8 077 696	4 629
	Río Kallapuma	KAL-01	421 876	8 085 434	4 629
	Río Mauri	MAU-01	422 790	8 087 324	4 238
	Río Mauri	MAU-02	443 177	8 077 696	4 094
Caño	Río Caño	CAÑ-01	442 366	8 075 317	4 130
Uchusuma	Río Uchusuma	UCH-01	431 566	8 051 402	4 269

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.*Características fisicoquímicas y de hábitat acuático en las estaciones de muestreo evaluadas.*

Nombre del Cuerpo de Agua	Estación	Parámetros Fisicoquímico				Composición del Sustrato (%)					Composición de Hábitat (%)					SVAP	
		Temperatura (°C)	pH (Escala de pH)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (%)	Finos (<2 mm)	Grava (2-64 mm)	Canto Rodado (65-255 mm)	Piedra grande (>256)	Roca madre	Caídas	Cascadas	Rápidos	Corridas	Pozas	Puntuación	Condición de Hábitat
Río Locumba	LOC-01	16,4	6,7	2,4	395	10	10	60	10	10	5	5	20	60	10	6,2	Mod
Humedal de Ite	LOC-02	19,0	6,1	6,7	86	a	a	a	a	a	b	b	b	b	b	b	b
Río Salado	LOC-03	a	a	a	a	20	30	40	10	0	0	0	10	80	10	5,3	Mod
Río Ilabaya	LOC-04	a	a	a	a	10	30	40	10	10	5	5	40	40	10	5,3	Mod
Río Ilabaya	LOC-05	a	a	a	a	5	25	50	20	0	0	5	40	45	10	5,7	Mod
Río Camilaca	CAI-01	a	a	a	a	20	5	5	30	40	0	10	10	20	60	8,4	Bue
Río Curibaya	CUR-01	a	a	a	a	30	10	40	10	10	5	15	0	50	30	5,3	Mod
Laguna Aricota	ARI-01	a	a	a	a	50	20	20	10	0	b	b	b	b	b	b	b
Río Callazas	CAL-01	a	a	a	a	10	60	20	10	0	5	5	5	55	30	4,5	Pob

continúa

Nombre del Cuerpo de Agua	Estación	Parámetros Físicoquímico				Composición del Sustrato (%)					Composición de Habitat (%)					SVAP	
		Temperatura (°C)	pH (Escala de pH)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (%)	Finos (<2 mm)	Grava (2-64 mm)	Canto Rodado (65-255 mm)	Piedra grande (>256)	Roca madre	Caídas	Cascadas	Rápidos	Corridas	Pozas	Puntuación	Condición de Habitat
Río Huaytire	HUA-01	11,0	5,5	0,1	415	80	10	10	0	0	0	0	0	15	85	6,3	Mod
Río Huaytire	HUA-02	a	a	a	a	20	5	5	30	40	0	10	10	20	60	7,8	Bue
Río Sama	YRS-01	a	a	a	a	5	10	50	35	0	10	10	50	20	10	6,1	Mod
Río Quilvire	VIL-01	9,0	6,5	0,1	55	80	10	10	0	0	10	10	10	30	40	8,4	Bue
Río Quequesane	MMY-01	9,5	7,4	0,2	123	70	20	10	0	0	0	0	0	40	60	6,4	Mod
Quebrada Mamuta	MAM-01	12,9	6,7	0,1	75	70	30	0	0	0	0	0	0	60	40	7,8	Bue
Río Kallapuma	KAL-01	14,6	7,2	1,9	139	60	20	20	0	0	0	0	0	30	70	8,3	Bue
Río Mauri	MAU-01	14,5	7,2	4,0	412	20	20	40	20	0	0	0	10	10	80	9,2	Exc
Río Mauri	MAU-02	14,1	7,5	1,4	425	10	40	40	10	0	0	10	60	10	20	6,5	Mod

continúa...

Nombre del Cuerpo de Agua	Estación	Parámetros Físicoquímico				Composición del Sustrato (%)					Composición de Habitat (%)					SVAP	
		Temperatura (°C)	pH (Escala de pH)	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (%)	Finos (<2 mm)	Grava (2-64 mm)	Canto Rodado (65-255 mm)	Piedra grande (>256)	Roca madre	Caídas	Cascadas	Rápidos	Corridas	Pozas	Puntuación	Condición de Habitat
Río Caño	CAN-01	19,0	6,5	0,5	126	40	40	20	0	0	0	10	10	60	20	7,9	Bue
Río Uchusuma	UCH-01	9,9	5,7	1,2	98	50	40	10	0	0	0	0	0	20	80	5,8	Mod

Fuente: Datos obtenidos en campo

Leyenda:

^aNo evaluado debido a dificultades logísticas ^bNo corresponde a cuerpos de agua lénticos

Pob: Condición Pobre; Mod: Condición Moderado; Bue: Condición Bueno; Exc: Condición Excelente

Interpretación:

La temperatura del agua fluctuó entre 9,0°C en el río Quilvire (estación VIL-01) y 19,0 °C en los ríos Caño (estación CAÑ-01) y Locumba (estación LOC-02). La variación en la temperatura estaría influenciado por la hora del día en que se realizó el monitoreo, siendo más alto en horas en que la incidencia de los rayos solares fue mayor.

El pH del agua en las estaciones de muestreo osciló entre 5,5 en el río Huaytire (estación HUA-01) y 7,5 en el río Mauri (estación MAU-02). El pH determinado en estas estaciones indicaría la presencia de aguas entre ácidas y neutras.

Según los valores de referencia nacional de los Estándares de Calidad de Agua (ECA) 2017 Categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático” establecidos en el Decreto Supremo N° 008- 2017-MINAM, el rango establecido es 6,5 - 9,0, el estándar garantiza que el pH presente en el agua no represente un riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. El pH registrado en las estaciones HUA-01 (valor de pH 5,5),

UCH-01 (valor de pH 5,7) y LOC-02 (valor pH 6,1) estuvieron fuera del rango referencial del ECA Categoría 4; estos valores indicarían un potencial riesgo para la salud y para el ambiente según los estándares nacionales. En las estaciones antes mencionadas se registró la presencia de las especies *Salvelinus fontinalis*, *Orestias agassii* y *Gambusia affinis* que evidencian tolerancia a aguas moderadamente ácidas.

Los estándares de calidad de agua (ECA Categoría 4), para conductividad establecen como valor máximo referencial 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Todos los valores de conductividad en las estaciones muestreadas fueron menores al valor máximo referencial, fluctuando entre 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la parte alta de la cuenca Locumba y en la cuenca Mauri (estaciones HUA-01, VIL-01 y MAM-01) y 6,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la parte baja de la cuenca Locumba (estación LOC-02). Los valores registrados en todas las estaciones evaluadas cumplen con los estándares nacionales de calidad ambiental para conductividad.

El valor mínimo referencial de los ECA Categoría 4

para oxígeno disuelto (OD), establecido es 5 mg/L (50 % de saturación). Todas las estaciones de muestreo registraron concentraciones de OD mayores al valor mínimo referencial de los ECA, oscilando entre 54,7 % (VIL-01) y 425 % (MAU-02). Todos los valores registrados para oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo cumplen con los estándares nacionales de calidad de agua para la conservación del ambiente acuático. Los valores más altos de OD correspondieron a las estaciones de la cuenca Mauri en los que predominó la presencia de *Orestias agassii*.

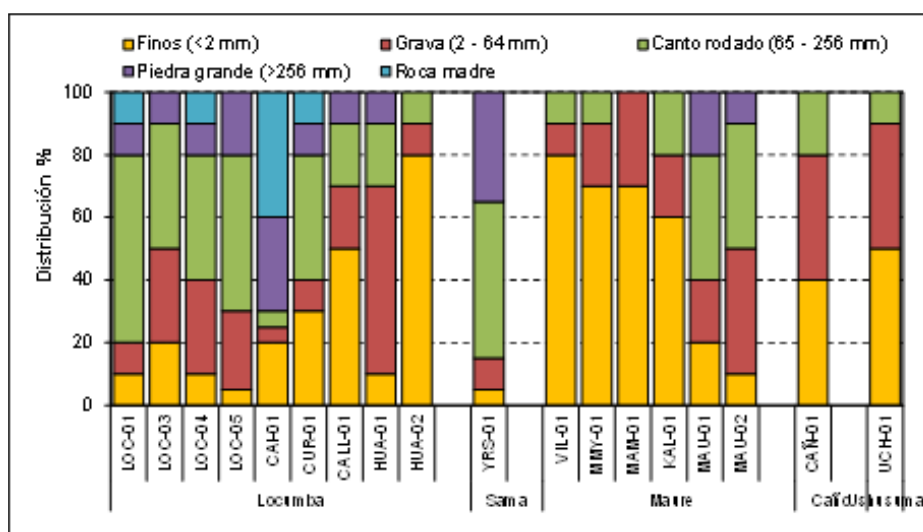


Figura 6. Composición del sustrato en las estaciones de muestreo de las principales cuencas del departamento de Tacna
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

El sustrato de las estaciones de muestreo registró una composición variable. Los sustratos más frecuentes fueron canto rodado (65 mm a 256 mm), grava (2 mm a 64 mm) y sustratos finos (< 2 mm de diámetro).

En las estaciones de muestreo ubicadas en la parte baja de la cuenca Locumba, los sustratos más frecuentes fueron el canto rodado y la grava, en esta área sólo se registró la presencia de *Gambusia affinis*. También fueron registradas piedras grandes y roca madre. Los sustratos finos fueron escasos en las estaciones de la cuenca Locumba (excepto en las estaciones HUA-02 y CAL-01).

En las estaciones de la cuenca Sama, los sustratos predominantes fueron el canto rodado y las piedras grandes; la grava y sustratos finos registraron menos del 10 % del total.

En las estaciones evaluadas en la cuenca Mauri, Caño y Uchusuma, la composición del sustrato registró mayormente sustratos finos y grava. El sustrato fino en las

estaciones de muestreo en estas cuencas, estuvo formado por materia orgánica en descomposición debido a que la ubicación de las estaciones de monitoreo correspondió a bofedales. En las cuencas mencionadas predominaron las especies del género *Orestias* y *Trichomycterus*.

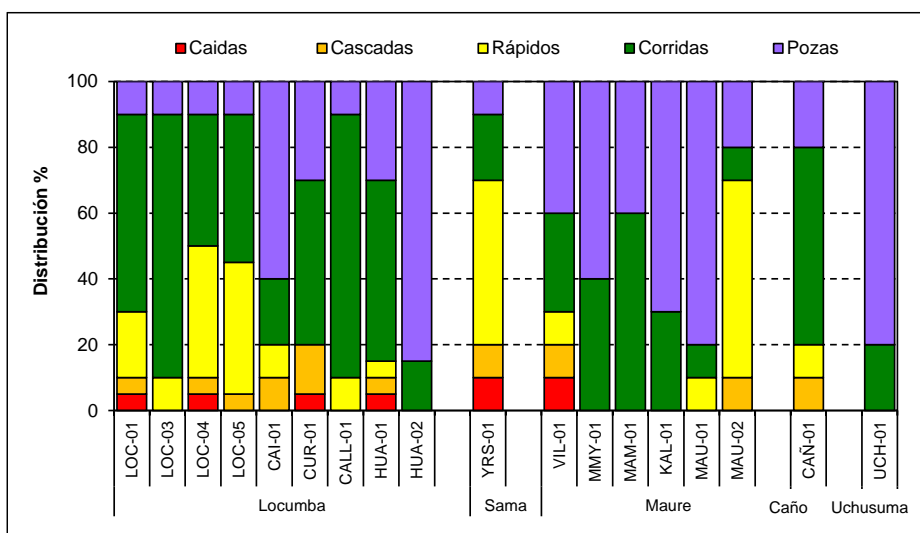


Figura 7. Composición del hábitat acuático en las estaciones de muestreo
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Las estaciones de muestreo registraron hábitats variados; a nivel general, los tipos de hábitats más frecuentes fueron las corridas (también conocidas como tablas) y las pozas; en menor proporción, se observó rápidos, cascadas y caídas.

Las estaciones que reportaron mayor presencia de corridas fueron las estaciones de la cuenca del río Locumba, principalmente en la parte más baja del río Locumba (estaciones LOC-01 y LOC-03) y en el río Callazas (estación CAL-01). En la mayoría de las estaciones de esta cuenca no se registraron peces. En otras cuencas, la estación con mayor registro de corridas fue río Caño (estación CAÑ-01).

Las pozas fueron más abundantes en la cuenca de los ríos Mauri (excepto en la estación MAU-02) y Uchusuma (estación UCH-01). También se registró un alto porcentaje de pozas en una estación del río Locumba (estación HUA-02). En las estaciones pertenecientes a las cuencas Mauri y Uchusuma (también en la estación HUA-02) la vegetación de bofedal fue predominante, tanto en las márgenes como en el curso principal de los ríos. En las cuencas Mauri y Uchusuma se registraron una mayor distribución de especies del género *Orestias*, principalmente *O.agassii*, también se registraron las especies *Trichomycterus rivulatus* y *Trichomycterus dispar*.

Los rápidos registraron en general valores menores a 40 % del hábitat total; excepto en la estación de la cuenca del río Sama (estación YRS-01) y en una estación de la cuenca Mauri (estación MAU-02), donde los registros de rápidos fueron mayores. La mayor abundancia de rápidos en las estaciones YRS-01 y MAU-02 se debería a una mayor inclinación de la pendiente en los tramos evaluados.

Las caídas y cascadas presentaron, en general, registros escasos. Las caídas y cascadas fueron más frecuentes en las estaciones de las cuencas Locumba y Sama. En las cuencas Mauri y Caño, solo se registraron caídas y cascadas en las estaciones VIL-01, MAU-02 y CAÑ-01.

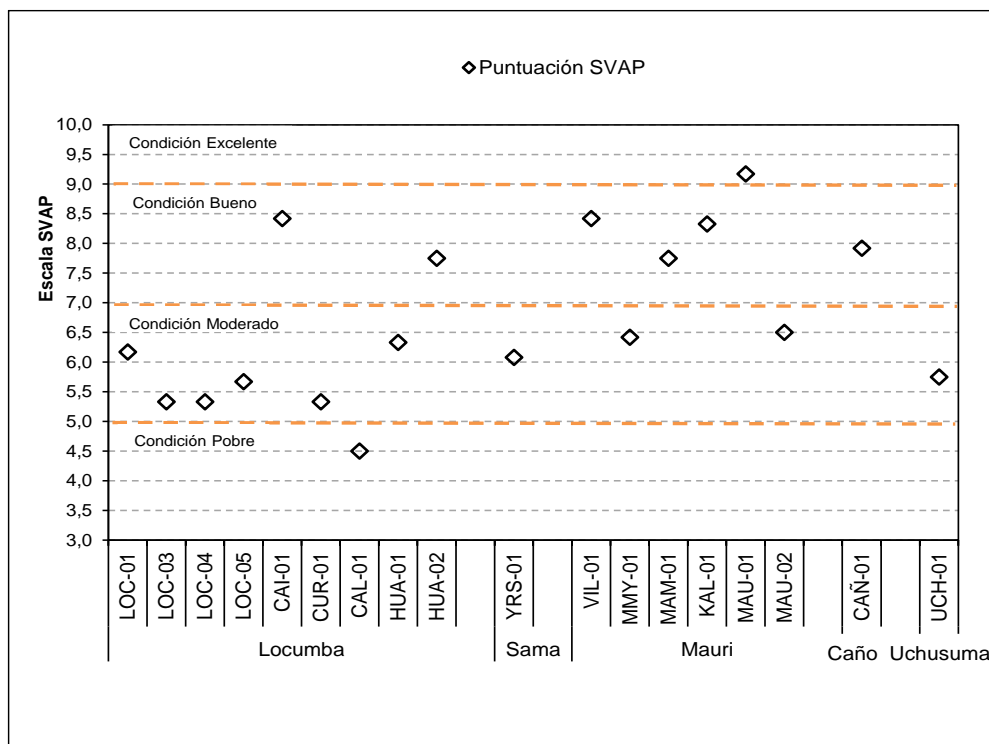


Figura 8. Puntajes totales por estación de muestreo según el criterio SVAP
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

La evaluación de hábitat acuático mediante la metodología SVAP indicó que la mayoría de estaciones de la cuenca Locumba (excepto las estaciones CAI-01, CAL-01 y HUA-02), de la cuenca Sama (estación YRS-01), de la cuenca Mauri (estaciones MMY-01, MAU-02) y de la cuenca del Río Uchusuma (estación UCH-01), registraron la categoría de “Moderado”, debido a que las laderas presentaron condiciones moderadamente estables, aguas

con presencia de vegetación acuática, y escaso número de hábitats para peces (tales como pozas, troncos sumergidos, grutas entre otras). En los ambientes donde predominó esta categoría SVAP se registró un mayor número de especies del género *Orestias* y *Trichomycterus*.

La mejor condición de hábitat según el método SVAP se registró en el río Mauri (estación MAU-01), que presentó la categoría de “Excelente”, esta estación no presentó indicios de impedimento de flujo de agua en su curso, y registró vegetación natural con aguas claras y estanques (pozas) profundos (ideal para el desarrollo de peces). Las estaciones CAI-01, HUA-02, VIL-01, MAM-01, KAL-01 y CAÑ-01 registraron la categoría de “Buena”, principalmente por evidenciar escasa modificación en el cauce, presencia de varios hábitats apropiados para peces y abundante vegetación natural. En las estaciones donde se registraron las condiciones más favorables según el método SVAP se registró con mayor frecuencia a la especie *Orestias agassii*.

La evaluación realizada en el río Callazas (estación CAL-01), indicó la categoría de “Pobre” según el método

SVAP. Esta estación evidenció condiciones menos favorables, debido principalmente a trabajos de descolmatación y a la ausencia de refugios para peces y vegetación ribereña. En esta estación de la cuenca Locumba y a lo largo de la parte media de esta cuenca no se registraron peces.

El Anexo 5 presenta de forma detallada las categorías evaluadas en cada estación y los puntajes asignados a cada una de ellos.

Tabla 9.

Especies de peces registrados por cuenca hidrográfica evaluada en el departamento de Tacna.

Especies registradas	Estación	Altitud (msnm)	Coordenadas UTM (W84S Zona 19K)		Cuenca
			Este	Norte	
<i>Gambusia affinis</i>	LOC-01	41	292 623	8 019 656	Locumba
	LOC-02	17	287 857	8 021 772	Locumba
	HUA-02	4484	353 998	8 132 747	Locumba
	VIL-01	4473	389 017	8 111 310	Locumba
	MMY-01	4283	398 886	8 081 752	Locumba
<i>Orestias agassii</i>	MAM-01	4629	443 177	8 077 696	Mauri
	KAL-01	4629	421 876	8 085 434	Mauri
	MAU-01	4238	422 790	8 087 324	Mauri
	UCH-01	4299	431 566	8 051 402	Uchusuma
<i>Orestias laucaensis</i>	UCH-01	4269	431 566	8 051 402	Uchusuma
<i>Orestias parinacotensis</i>	CAÑ-01	4130	442 366	8 075 317	Caño
	UCH-01	4269	431 566	8 051 402	Uchusuma
<i>Orestias sp.</i>	UCH-01	4269	431 566	8 051 402	Uchusuma
<i>Salvelinus fontinalis</i>	HUA-01	4484	354 497	8 133 019	Locumba
	HUA-02	4484	353 998	8 132 747	Locumba
<i>Trichomycterus rivulatus</i>	CAÑ-01	4130	442 366	8 075 317	Caño
	MAU-02	4094	443 177	8 077 696	Mauri
<i>Trichomycterus sp.</i>	ARIC-01	2749	360 220	8 080 277	Locumba
<i>Trichomycterus dispar</i>	MAM-01	4629	443 177	8 077 696	Mauri
	UCH-01	4269	431 566	8 051 402	Uchusuma
	LOC-03	556	314 494	8 051 253	Uchusuma
	LOC-04	1504	339 868	8 074 350	Locumba
	LOC-05	1389	340 874	8 076 057	Locumba
No se registraron peces	CAI-01	2883	353 831	8 089 326	Locumba
	CUR-01	1678	350 920	8 073 025	Locumba
	CAL-01	2838	368 573	8 083 423	Locumba
	YRS-01	744	343 773	8 044 693	Sama

Fuente: Datos obtenidos en campo.

Interpretación:

La mayoría de las cuencas hidrográficas evaluadas, donde se registraron peces, se ubicaron a una altitud comprendida entre 4094 msnm y 4629 msnm, excepto en la parte baja de la cuenca Locumba donde la presencia de peces se circunscribió a la especie introducida *Gambusia affinis* que se caracteriza por adaptarse fácilmente a distintos tipos de hábitat preferentemente con una elevación menor a los 1000 msnm en una amplio rango de condiciones fisicoquímicas y de calidad de agua.

Entre 556 msnm y 2883 msnm en los que se encuentra la parte media de la cuenca Locumba y la cuenca Sama no se registraron peces en sistemas lóticos (ríos). La excepción la constituye el sistema léntica de la laguna Aricota (altitud 2749 msnm) donde se registró a la especie *Trichomycterus* sp. Esta especie solo fue registrada en la laguna de Aricota y no se halló en los cursos de agua evaluados tanto aguas arriba como aguas abajo de la misma.

Las cuencas hidrográficas evaluadas que se ubican alrededor de los 4000 msnm donde se registraron peces fueron las cuencas Mauri, Uchusuma, Caño y Locumba.

En la cuenca Mauri se distribuyó ampliamente la especie *Orestias agassii* y se registraron dos de las tres especies registradas de *Trichomycterus*.

En la cuenca Uchusuma se registró la totalidad de las especies del género *Orestias* identificadas en el presente estudio (cuatro especies). Dos de las especies de este género, *Orestias laucaensis* y *Orestias* sp., fueron registradas únicamente en esta cuenca.

En la cuenca Caño se registraron las especies *Orestias parinacotensis* y *Trichomycterus rivulatus*.

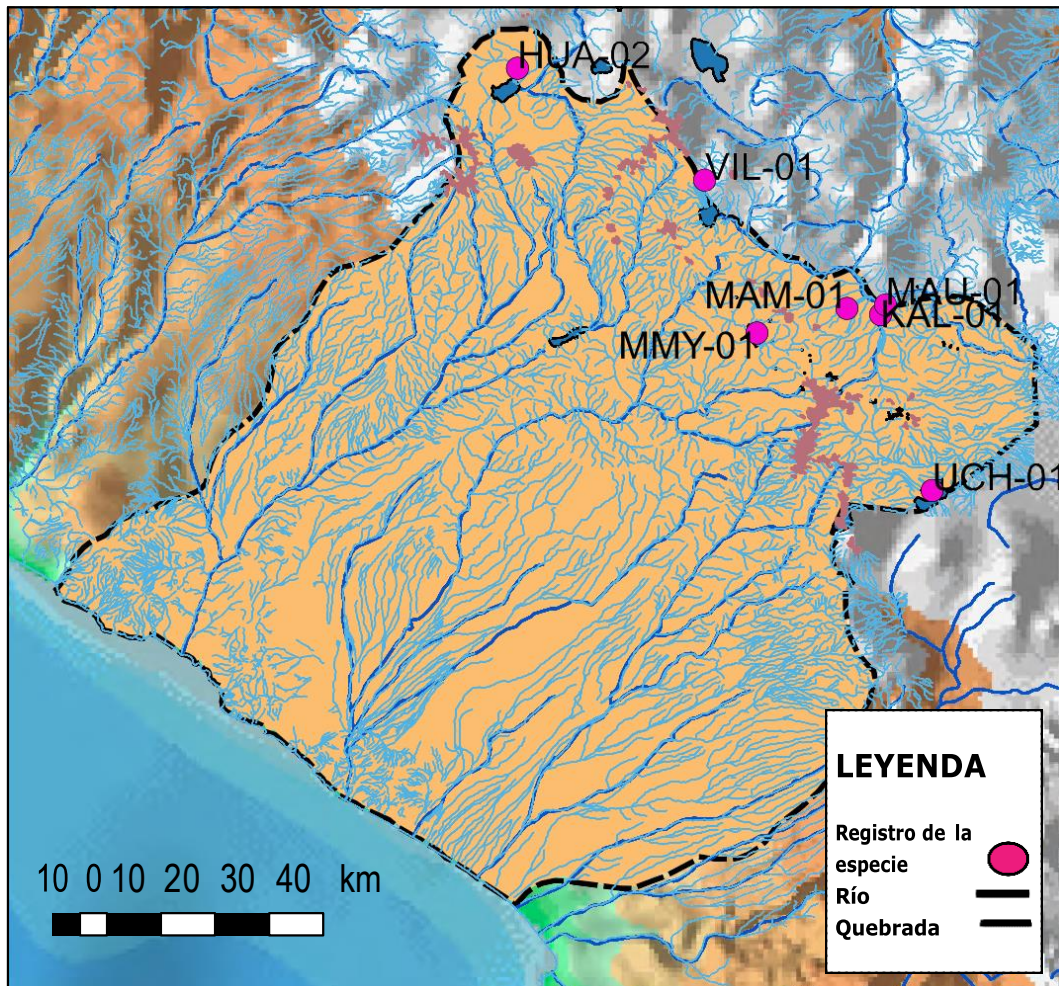


Figura 9. Distribución de *Orestias agassii*
 Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Los registros de *Orestias agassii* se evidenciaron en las cuencas Mauri y Caño asociadas a la vertiente del Titicaca y la parte alta de la cuenca Locumba de la vertiente del Pacífico entre los 4238 msnm y los 4629 msnm.

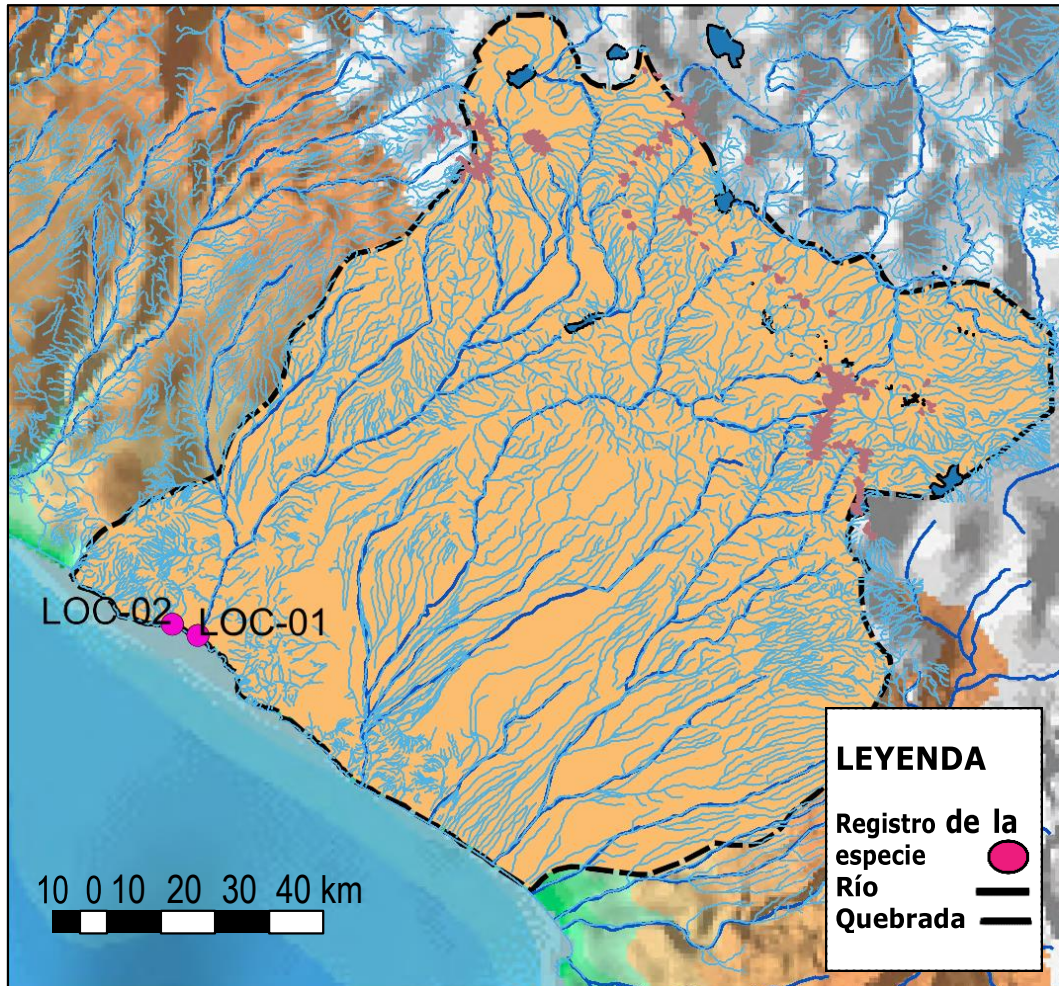


Figura 10. Distribución de *Gambusia affinis*

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Los registros de *Gambusia affinis* se evidenciaron sólo en la parte baja de la cuenca Locumba. Estos registros concuerdan con la evidencia de introducción de peces no nativos con fines de control de vectores de mosquitos.

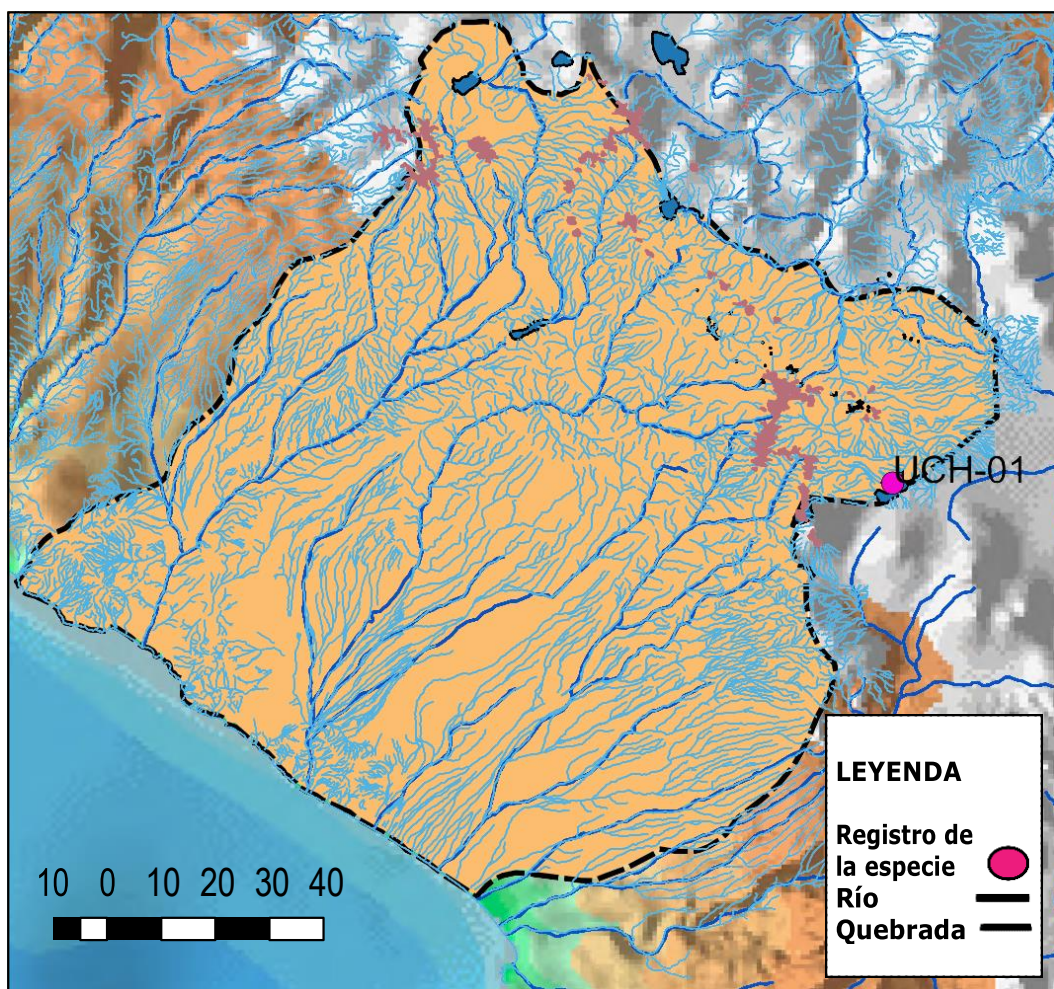


Figura 11. Distribución de *Orestias laucaensis*

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Los registros de *Orestias laucaensis* se evidenciaron únicamente en la estación ubicada en la cuenca Uchusuma, esta cuenca se extiende a través de territorio peruano para continuar su recorrido por territorio chileno.

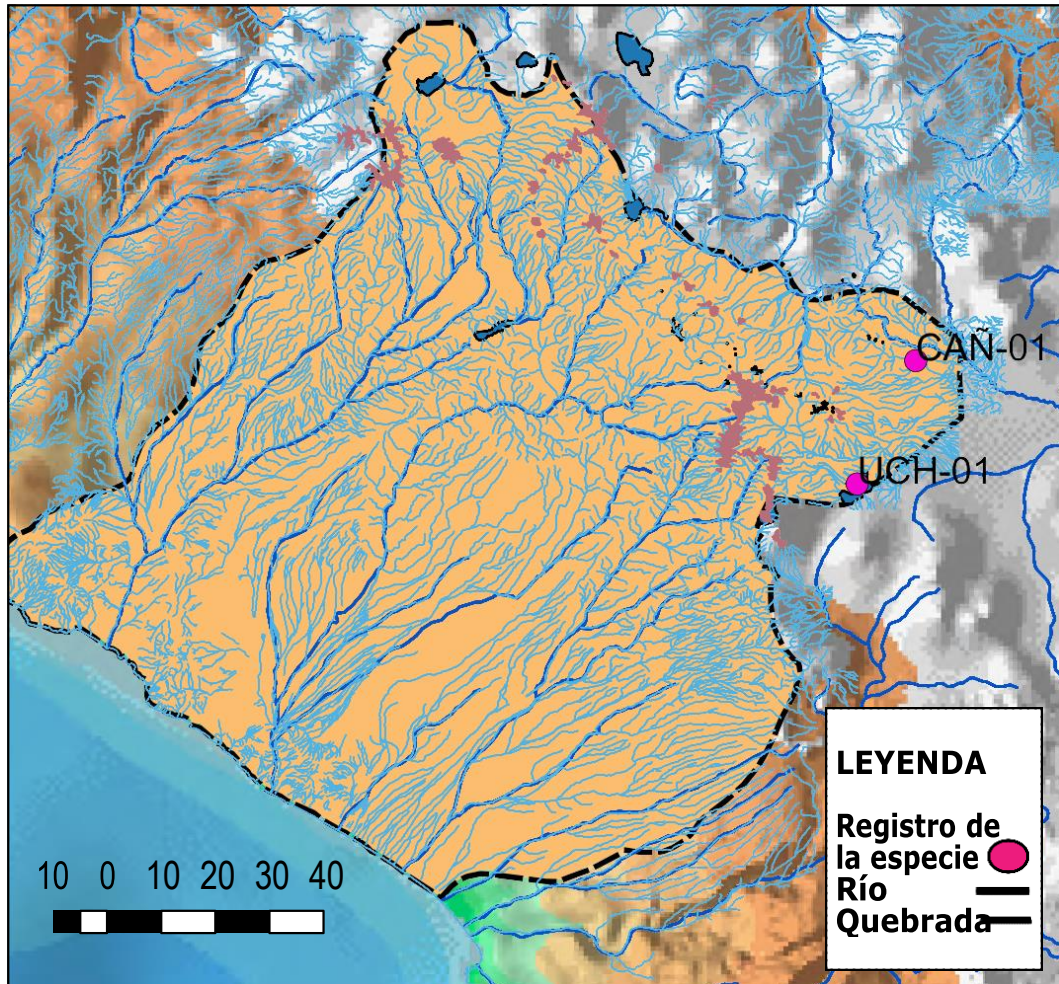


Figura 12. Distribución de *Orestias parinacotensis*

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Los registros de *Orestias parinacotensis* fueron únicamente en las cuencas Caño y Uchusuma; ambas cuencas forman parte de la vertiente del Pacífico y se extienden fuera de los límites del territorio peruano.

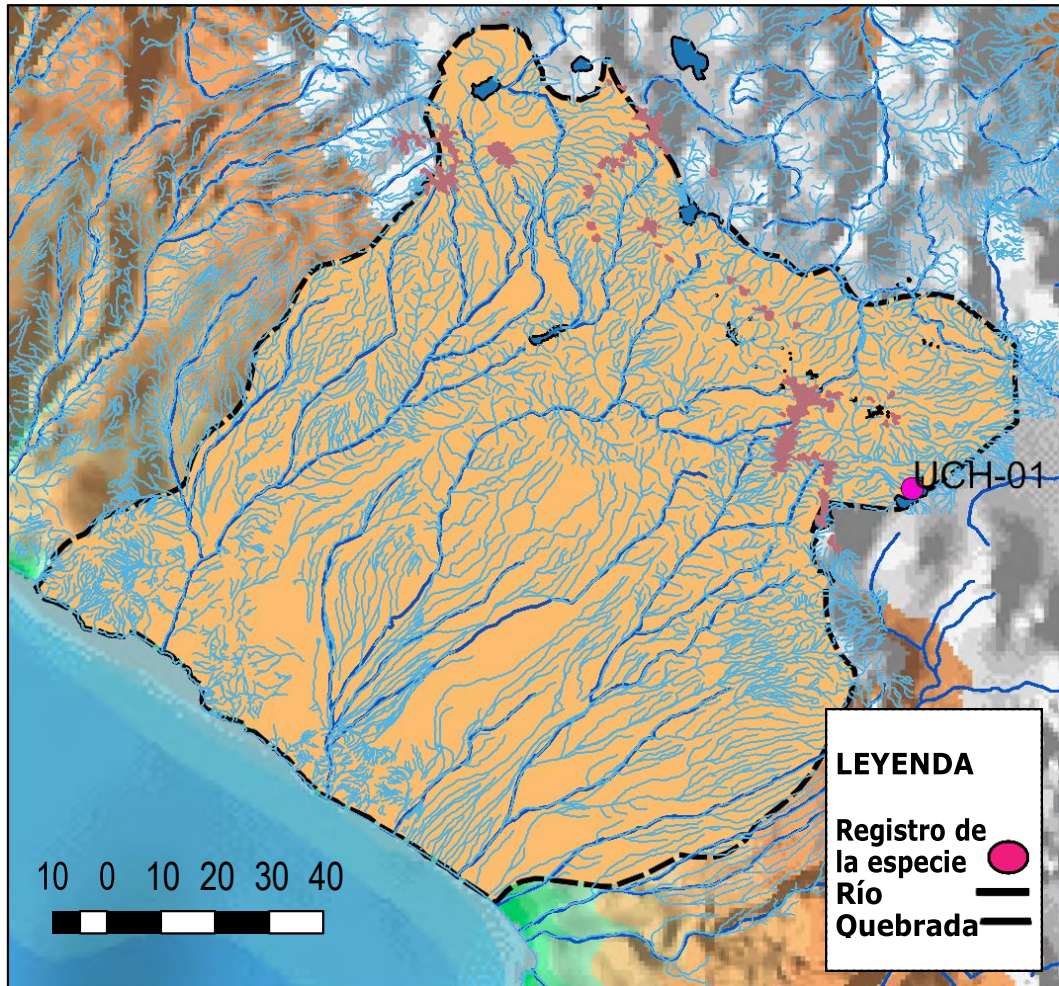


Figura 13. Distribución de *Orestias* sp.
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

La especie *Orestias* sp. sólo fue registrada en la estación ubicada en la cuenca Uchusuma, restringiéndose a una distribución similar a la especie *Orestias laucaensis*.

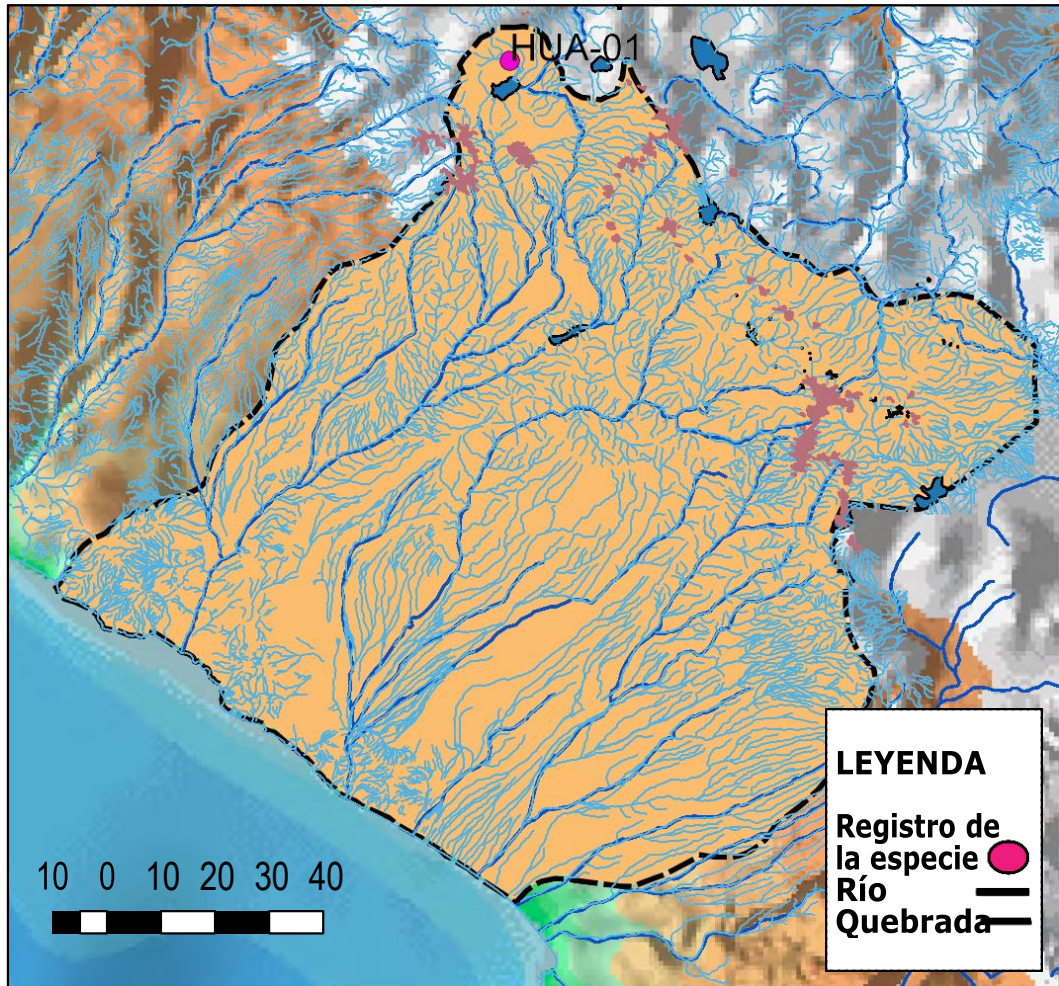


Figura 14. Distribución de *Salvelinus fontinalis*
 Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

S. fontinalis fue registrado en la parte alta de la cuenca Locumba, estos hallazgos concuerdan con los registros de Oyague-Pasuni y Franco (2013), que registraron a esta especie cerca de laguna de Suches (poblado de Huaytire).

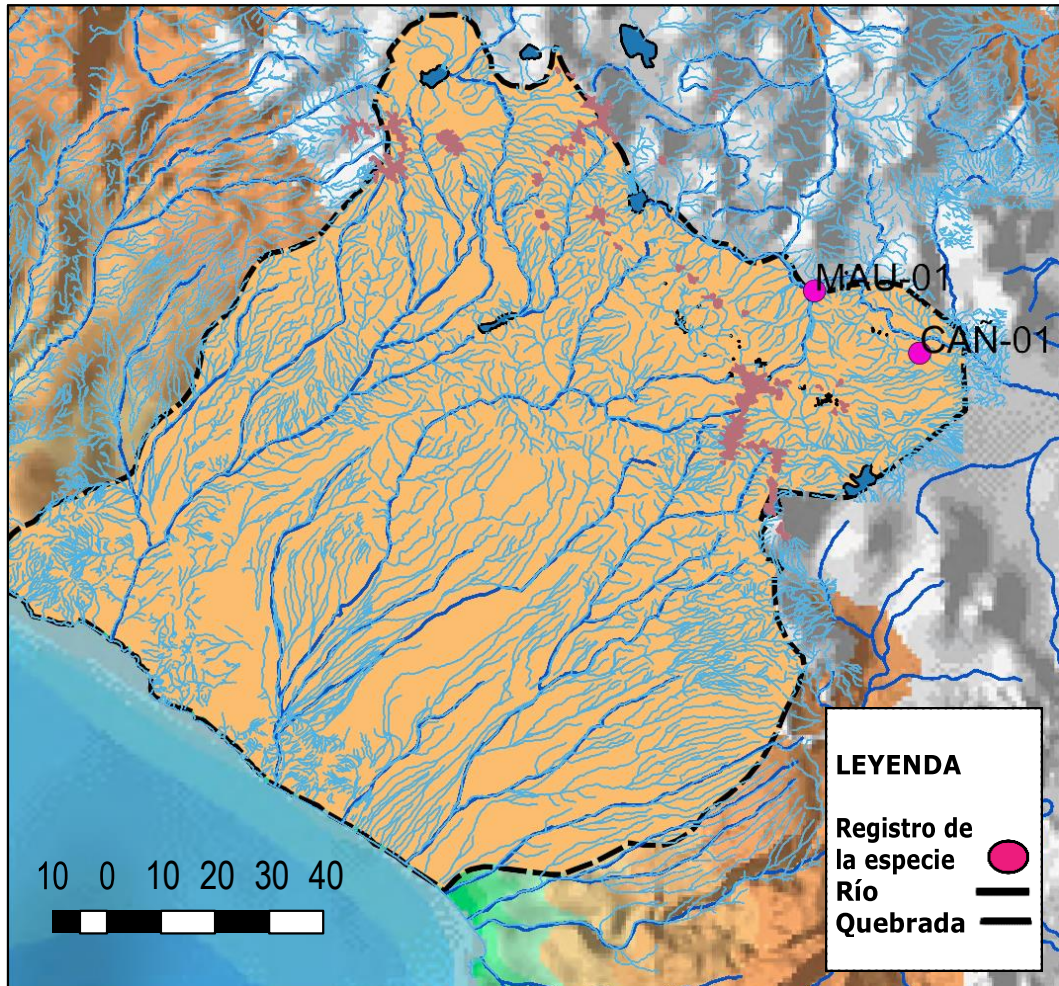


Figura 15. Distribución de *Trichomycterus rivulatus*

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Los registros de *T.rivulatus* correspondieron a las estaciones de muestreo de las cuencas Mauri y Caño de la vertiente del Titicaca. Esta especie se ubicó en altitudes entre los 4094 msnm y 4629 msnm.

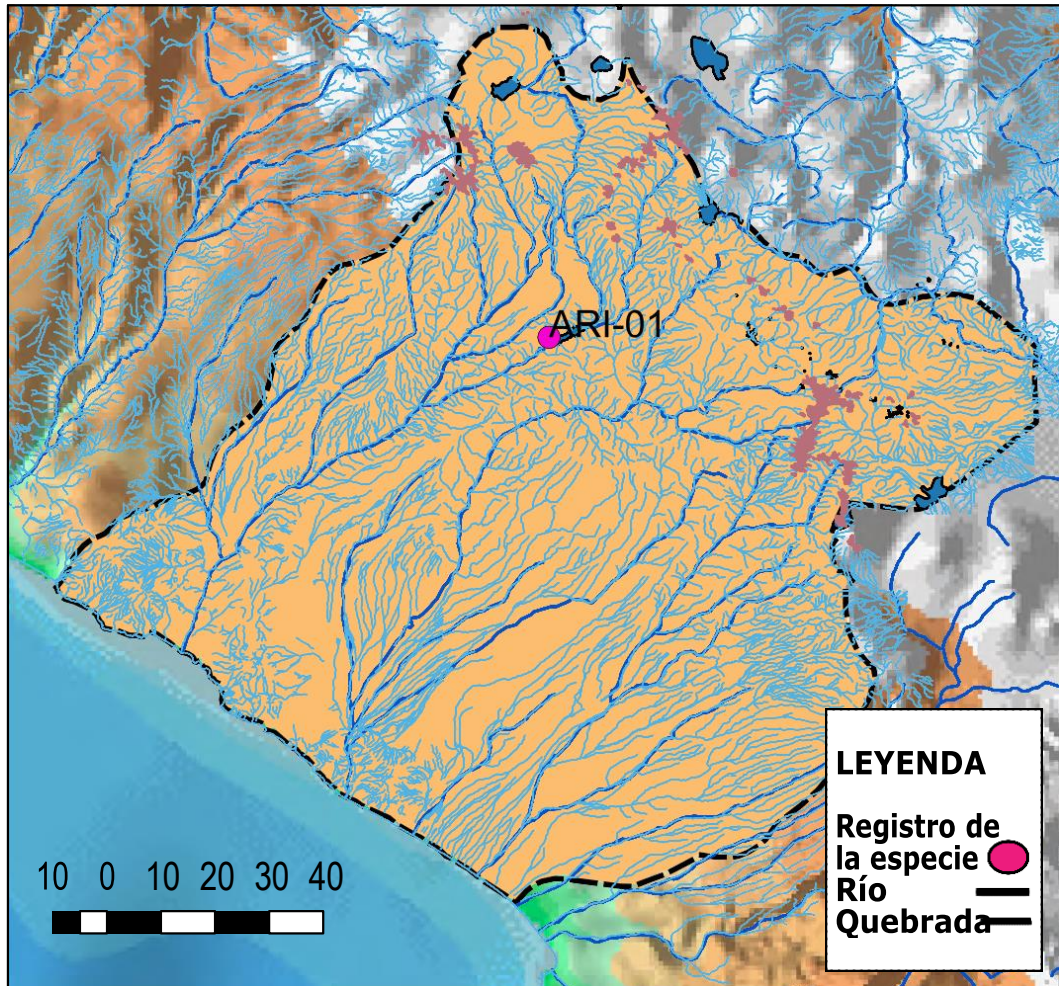


Figura 16. Distribución de *Trichomycterus* sp.
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Trichomycterus sp. se registró sólo en la laguna Aricota (parte media de la cuenca Locumba). Cabe mencionar que en la laguna se cultiva la trucha arcoíris (*O. mykiss*) mediante el sistema de jaulas flotantes.

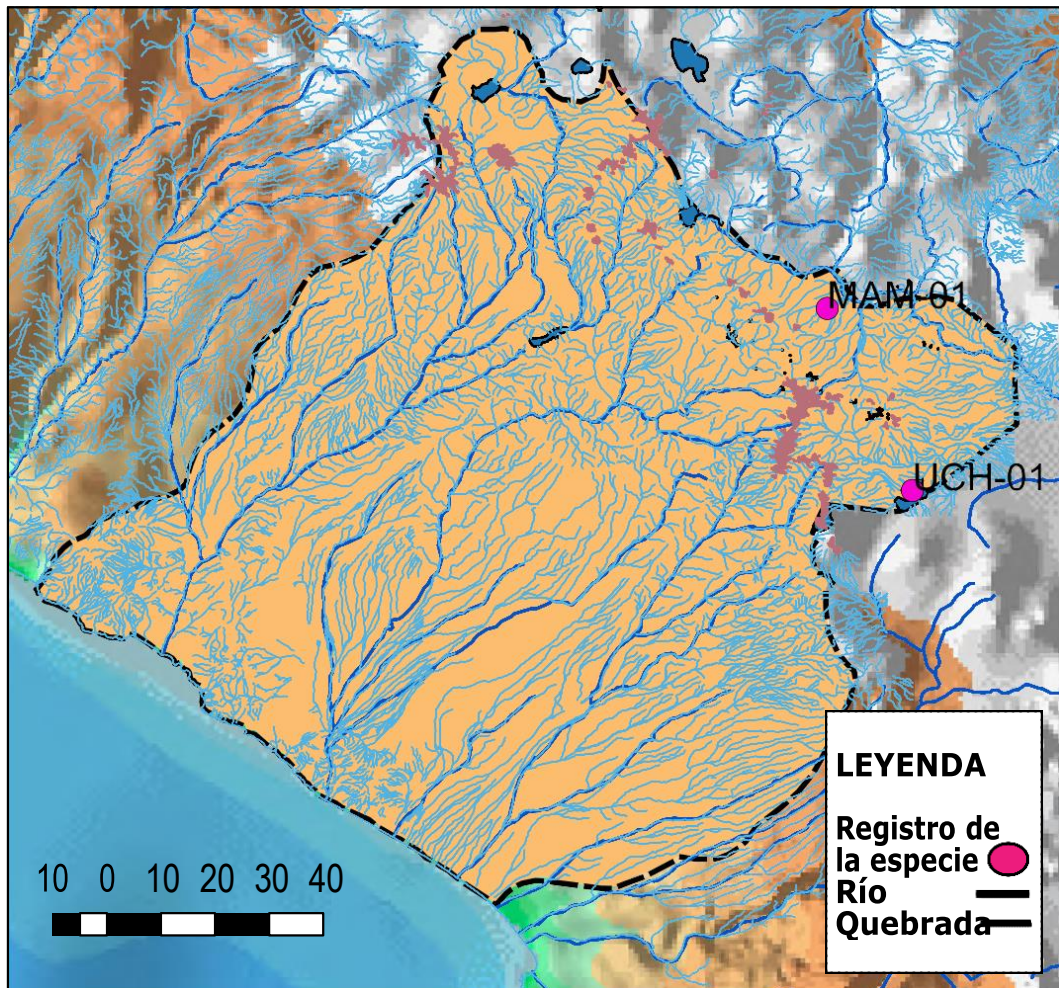


Figura 17. Distribución de *Trichomycterus dispar*.
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

La especie *Trichomycterus dispar* fue registrada en las estaciones ubicadas en las cuencas Mauri y Uchusuma (estaciones MAM-01 y UCH-01 respectivamente) de la vertiente del Titicaca.

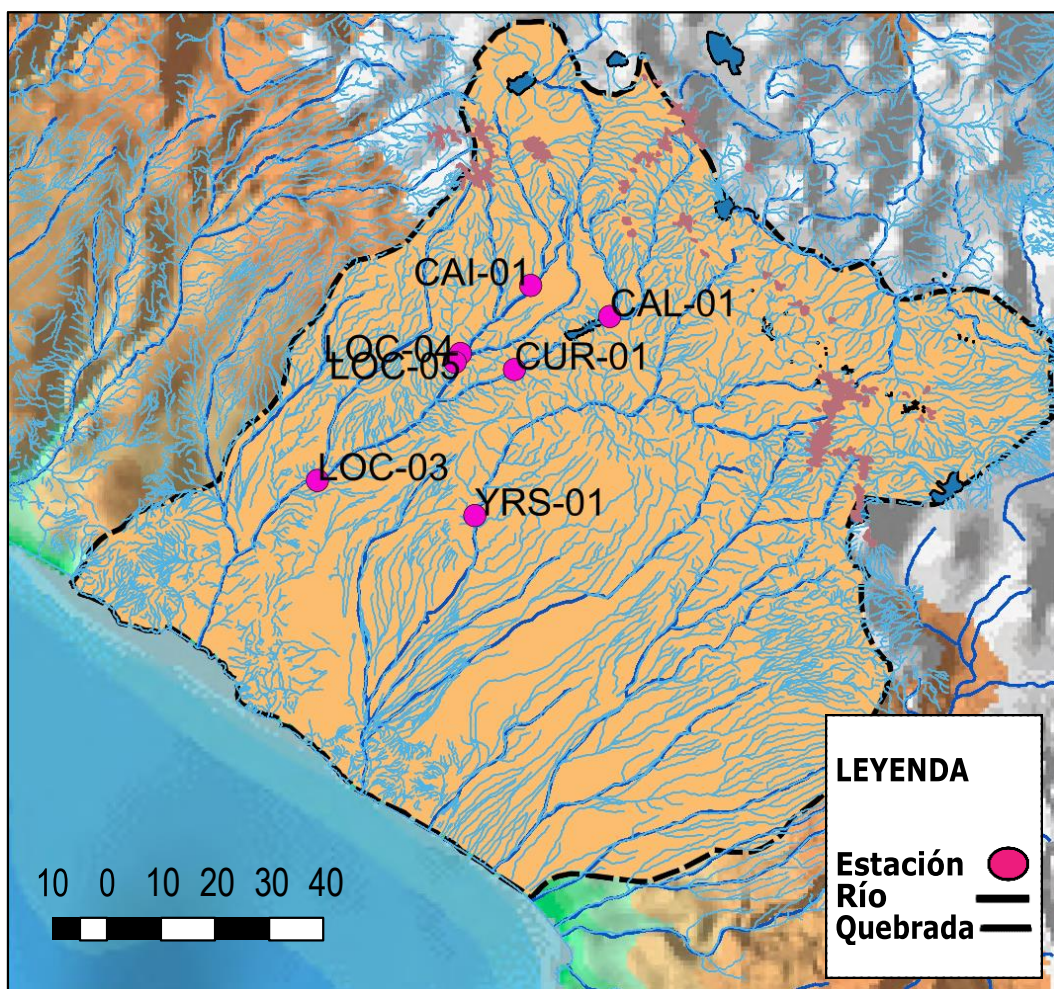


Figura 18. Estaciones en las que no se registraron peces.
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En las estaciones ubicadas en la parte media de la cuenca Locumba y en la parte media de la cuenca Sama no se registraron peces. Las estaciones mencionadas se ubicaron entre 556 msnm y 2883 msnm de elevación.

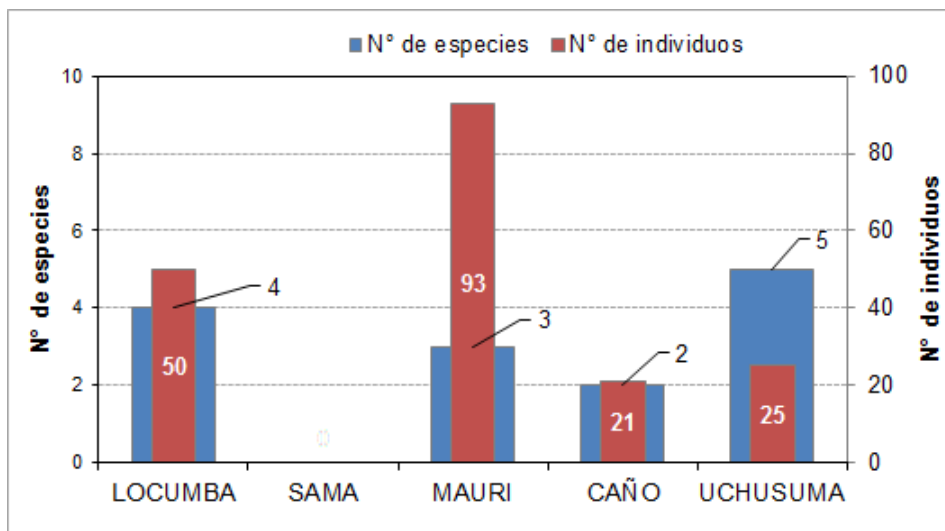


Figura 19. Comparativo del número de especies e individuos por cuenca hidrográfica. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

De las cinco cuencas principales del departamento de Tacna, se observó que la cuenca Mauri registró el mayor número de individuos capturados. Mientras que en la cuenca Uchusuma se evidenció que el número de especies distribuidas en esta cuenca es el mayor (5 especies). En la cuenca Locumba también se registró un número de individuos capturados elevado (50 peces).

Tanto la cuenca Mauri como la cuenca Uchusuma pertenecen a la vertiente del Titicaca y se encuentran ubicados sobre los 4027 msnm. Además, cabe mencionar

que las estaciones de las cuencas Mauri y Caño registraron las categorías más altas de evaluación visual de quebradas según el método SVAP registrando una condición de hábitat “Excelente” y “Bueno” (Figura 8). Además, los hábitats más frecuentes en estas cuencas fueron predominantemente pozas.

En la cuenca Locumba, solo se registraron peces en las estaciones ubicadas en la parte baja y final de la desembocadura del río Locumba y en la parte alta de cuenca en el río Huaytire registrándose en total cuatro especies. También se registraron peces en los cuerpos de agua lénticos de humedal de Ite y en la laguna de Aricota. El mayor número de individuos capturados en la cuenca Locumba correspondió a una sola especie (*Trichomycterus* sp.) en la laguna de Aricota.

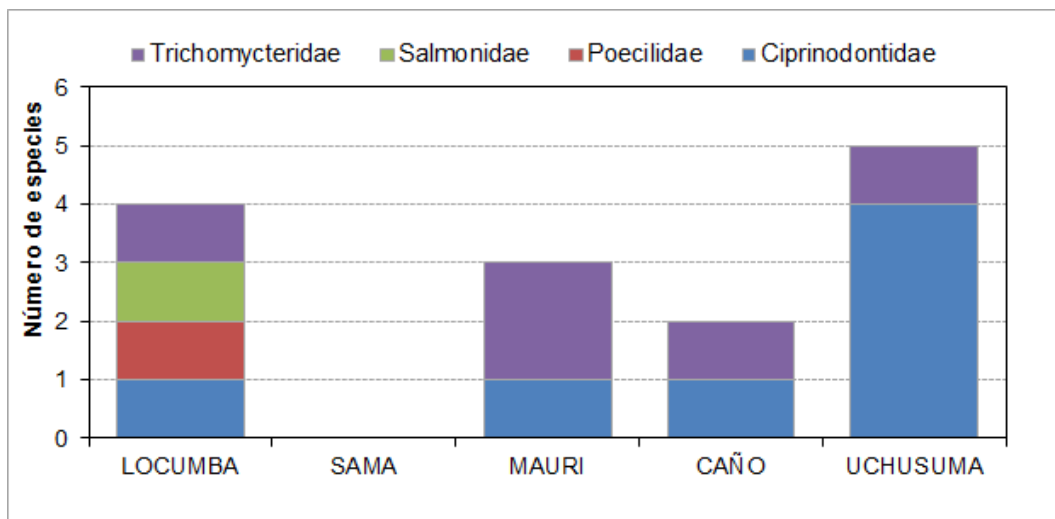


Figura 20. Comparativo del número de especies por familia y cuenca hidrográfica.
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

La Figura 20 muestra la amplia distribución registrada de las familias Ciprinodontidae y Trichomycteridae en cuatro de las cinco cuencas evaluadas.

En la cuenca Uchusuma se registró el mayor número de especies representantes de la familia Ciprinodontidae, también se registró una especie de la familia Trichomycteridae.

En la cuenca Caño, las familias Ciprinodontidae y Trichomycteridae registraron sólo una especie.

Respecto a la cuenca Locumba, se registraron un mayor número de familias a lo largo de los muestreos, presentando además de las familias Ciprinodontidae y Trichomycteridae, las familias Salmonidae y Poeciliidae.

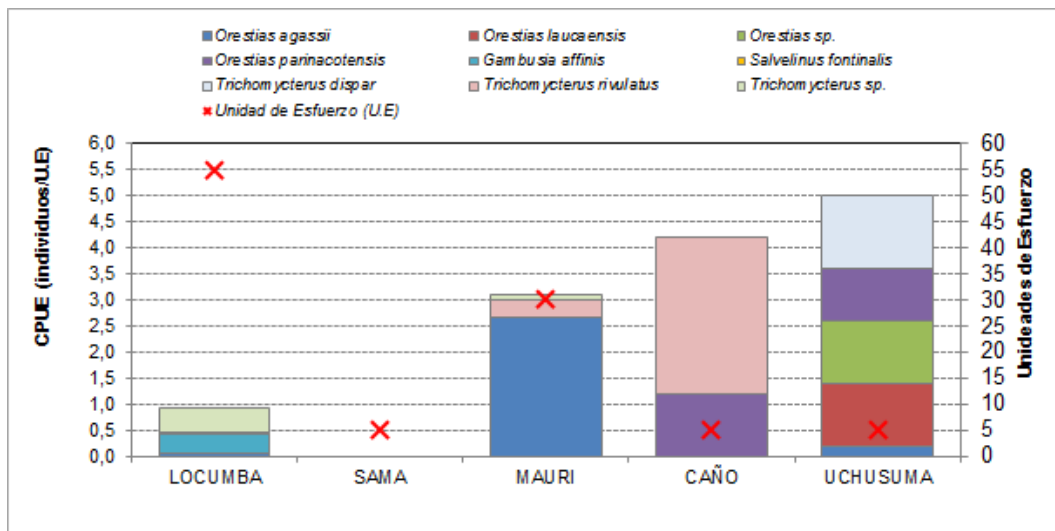


Figura 21. Comparativo de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) o éxito de captura por especie y cuenca hidrográfica.

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda:

Unidad de esfuerzo (U.E)= N°de lances de red 30 cm x 40 cm (apertura de malla 0,5") /100 m de recorrido lineal

Interpretación:

A nivel de cuencas se observó un mayor éxito de captura o mayor CPUE en la cuenca Uchusuma, principalmente debido a un mayor éxito en las capturas mayor a 1,0 individuos/U.E en el caso de *Trichomycterus*

dispar, *Orestias parinacotensis*, *O.sp.* y *O.laucaensis* que se encontraron ampliamente distribuidas en esta cuenca.

En la cuenca Caño, se registró el mayor CPUE para una especie individual (*Trichomycterus rivulatus*) que registró 3,0 individuos/U.E. Otra especie con un éxito de captura alto fue *O.parinacotensis*. Ambas especies se encuentran ampliamente distribuidas en esta cuenca.

En la cuenca Mauri, el mayor éxito de captura se observó para *O. agassii* (2,6 individuos/U.E) respecto a las demás cuencas *O. agassii* fue la especie de mayor distribución en la cuenca Mauri. En la cuenca Locumba se evidenció el éxito de captura más bajo de todas las cuencas evaluadas.

Tabla 10.

Abundancia relativa de peces registrados en las cuencas principales del departamento de Tacna.

Especie	N° de individuos	AR
<i>Orestias agassii</i>	83	0,83
<i>Orestias laucaensis</i>	6	0,06
<i>Orestias sp.</i>	6	0,06
<i>Orestias parinacotensis</i>	11	0,11
<i>Gambusia affinis</i>	21	0,21
<i>Salvelinus fontinalis</i>	2	0,02
<i>Trichomycterus dispar</i>	17	0,17
<i>Trichomycterus rivulatus</i>	18	0,18
<i>Trichomycterus sp.</i>	25	0,25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11.

Abundancia relativa de peces registrados por cuenca hidrográfica evaluada.

Especie	Cuenca				
	Locumba	Sama	Mauri	Caño	Uchusuma
<i>Orestias agassii</i>	0,0	0,0	2,7	0,0	0,2
<i>Orestias laucaensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
<i>Orestias sp.</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
<i>Orestias parinacotensis</i>	0,0	0,0	0,0	1,2	1,0
<i>Gambusia affinis</i>	0,4	0,0	0,0	0,0	1,0
<i>Salvelinus fontinalis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Trichomycterus dispar</i>	0,0	0,0	0,3	0,0	1,4
<i>Trichomycterus rivulatus</i>	0,0	0,0	0,1	3,0	0,0
<i>Trichomycterus sp.</i>	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Según Moreno (2001), la abundancia relativa “permite identificar a aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a perturbaciones ambientales”. (p.23).

Las especies en las que se observó la menor abundancia relativa fueron *S. fontinalis* (0,02), *O. laucaensis* y *O. sp* (0,06 en ambos casos). En el caso de *S. fontinalis* una baja abundancia relativa podría indicar dificultades en el manejo de esta especie introducida causada posiblemente por sobrepesca y a cambios en su hábitat.

Por otro lado, *O. agassii* evidenció la mayor abundancia relativa (0,83), lo que podría deberse a un mayor número de hábitats disponibles para esta especie y a una mayor adaptación y tolerancia a diferentes condiciones de hábitat en comparación con el resto de especies registradas. Cabe indicar que la mayor abundancia relativa de esta especie se evidenció en la cuenca Mauri.

IV. DISCUSIÓN

En total se registraron nueve especies de peces agrupados en cuatro géneros (*Orestias*, *Gambusia*, *Salvelinus* y *Trichomycterus*) y cuatro familias Ciprinodontidae, Poeciliidae, Salmonidae y Trichomycteridae.

Las especies de *Orestias* registradas en el presente estudio fueron *O.agassii*, *O.laucaensis*, *O.parinacotensis* y una especie no determinada denominada *Orestias* sp. Esto concuerda con Parenti (1984), quien traza el rango de distribución de *Orestias* entre la provincia de Ancash al norte del Perú y Antofagasta al norte de Chile.

Las especies *O.laucaensis* y *O. parinacotensis* descritas por Vila y Pinto (1986) y reportadas únicamente en territorio chileno, fueron registradas en las cuenca Uchusuma y Caño. Esto es en cierto modo esperable, pues corresponden a cuencas transfronterizas. Estos ríos nacen en el departamento de Tacna y atraviesan la frontera hacia Chile.

En la estación UCH-01 ubicada en la cuenca Uchusuma se registró una especie del género *Orestias* cuyas características morfológicas externas no corresponden a ninguna especie descrita del género *Orestias*.

Arratia et al. (2017) proponen en base a un estudio de morfología interna y externa y estudio genético a un nuevo género y especie: *Pseudorestias lirimensis*. Las características morfológicas externas de esta especie tienen rasgos comunes a la del género *Orestias*. La validación de la información obtenida y la caracterización completa de *Orestias* sp., se encuentran en revisión y consulta con los autores de la citada información (Arratia com. pers.).

También, se registraron tres especies del género *Trichomycterus*, *T. rivulatus*, *T. dispar* y una especie no determinada a nivel de especie denominada *Trichomycterus* sp. Los individuos de *Trichomycterus* sp. fueron capturados en la laguna de Aricota. Las características de esta especie no corresponden con ninguna especie determinada mediante el análisis morfológico efectuado según la bibliografía consultada, sugiriendo la posibilidad que corresponda a una especie no descrita previamente.

Según Dyer (2000), el límite sur del rango de distribución de *Trichomycterus punctulatus* o "life" es el río Locumba de la cuenca Locumba; en el presente estudio se evaluaron siete estaciones desde 17 msnm a 2838 msnm en la cuenca Locumba; sin embargo no se halló esta especie. Cabe mencionar que la evaluación de los hábitats acuáticos en esta cuenca reportan condiciones de perturbación debido

principalmente a obras civiles de desarrollo de infraestructura y prevención ante el fenómeno de El Niño costero.

Según los estudios realizados por Dyer (1997) la distribución de *Basilichthys semotilus* se extiende desde el río Reque en Lambayeque hasta el río Sama en Tacna y en el Río Loa en la región Iquique (separado entre sí por aproximadamente 1000 km). En el presente estudio no se reportó la presencia de *Basilichthys* (pejerrey de río). Esto podría deberse a que el muestreo se centró principalmente en la parte media de la cuenca (río Sama) por razones logísticas. Es posible que las poblaciones de *Basilichthys* se hayan desplazado aguas arriba debido a una mayor presión antropogénica en las partes bajas de la cuenca y actualmente se encuentren en áreas de mayor altura (Coruca, Sambalay, Coropuro y Chipispaya) superiores a 1960 msnm.

Según Tognelli et al. (2016) los factores que definen la actual diversidad y distribución de la ictiofauna en ambientes altoandinos son tanto procesos históricos como a procesos ecológicos actuales.

Con respecto a los procesos históricos es importante comprender la orogenia de los Andes, debido a que gran parte de la diversificación de los peces altoandinos ocurrió hace 65 millones de años en el Cretácico tardío y Cenozoico durante la dinámica hidrológica en los cuales surgieron nuevos

sistemas acuáticos y tipos de aguas de origen cordillerano con gradientes de productividad biológica (Albert et al., 2012). Algunos de esos procesos dieron origen a sistemas hídricos cerrados en los que se produce alto endemismo.

Con respecto a los procesos ecológicos actuales que determinan la diversidad y distribución de peces en cuencas hidrográficas altoandinas se encuentran factores geológicos, climáticos y de las propias características del agua. Al respecto Tejerina - Garro et al., 2005) enumeran los factores más importantes en dos escalas, una escala local y otra más regional. Los factores locales son la altitud, el orden, tamaño, profundidad y gradiente del río, la extensión de la cuenca, la velocidad del agua, la diversidad del hábitat y factores fisicoquímicos y ecológicos. A nivel regional los factores que determinan la diversidad y distribución de peces son la ecoregion y las unidades hidrológicas a la que pertenecen.

Con respecto a la altitud De La Barra et al. (2015) describe dos patrones entre la diversidad y distribución de las especies de peces. El primero de ellos es una relación entre el número de especies presentes unimodal, así las altitudes bajas y altas poseen una menor diversidad de especies en tanto que la parte media posee una mayor diversidad de peces expresado en un mayor número de especies. El segundo patrón es una

relación lineal inversa entre la diversidad de especies y la altura, en la que a mayor altura menos diversidad. En muchos casos este último patrón se cumple en la mayoría de los peces. La razón estaría relacionada a que en condiciones de mayor altura se reducen los recursos disponibles, el rigor del clima se incrementa, se reducen la diversidad y el tamaño de los hábitats para peces y las variaciones de los sistemas hídricos son abruptas.

Con respecto a la diversidad, en las especies registradas en el presente estudio se determinó que la mayoría de las especies se registraron en cuencas hidrográficas ubicadas entre 4094 msnm y 4629 msnm. Las especies registradas en este rango altitudinal estuvieron entre dos y cinco especies. Además, la diversidad en esta área fue la mayor respecto a cuencas de menor altitud.

La mayor riqueza de especies se registró en la estación ubicada en cuenca Uchusuma mientras que la mayor abundancia se evidenció en la cuenca Mauri. Ambas cuencas pertenecen a la vertiente del Titicaca y están ubicadas por encima de los 4027 msnm. Esto es congruente con estudios realizados por Lauzanne (1991) y Sostoa (2010) que registraron un número elevado de especies de *Orestias* (15 especies) y *Trichomycterus* (2 especies) en el lago Titicaca.

Según la curva de acumulación de especies determinadas, el valor

asintótico de especies (9,54) indica que serían 10 las especies que habitan las estaciones de muestreo de las principales cuencas del departamento de Tacna. En el presente estudio se registraron 9 de las 10 especies esperadas, indicando fiabilidad en el muestreo.

Antes de la realización del presente trabajo de tesis, se habían hallado una mayor diversidad de peces en la parte baja y media de las cuencas Locumba y Sama; sin embargo, a diferencia de los ambientes de mayor altura estos reciben una mayor presión antropogénica que quedó evidenciado mediante el análisis SVAP. Además, la caracterización del hábitat en las cuencas en que la diversidad de peces fue baja permitió advertir que la pendiente y la velocidad de la corriente eran altas, y que predominaron los rápidos y cascadas, todo ello dificultaría el establecimiento de peces. La excepción fue el hallazgo de *Trichomycterus* sp. que fue registrada en la laguna Aricota de la cuenca Locumba, un ambiente en que las condiciones adversas mencionadas antes no se cumplen. La estación de muestreo establecida en la laguna de Aricota, se encontró a una elevación de 2749 msnm.

Con respecto a la distribución de las especies registradas, se observó que el caso de *Orestias agassii* y en general de todas las especies de este género que se encuentran ampliamente distribuidas por la cuenca Mauri

principalmente, se establecen en un rango altitudinal corto (< 600 m), los hábitats característicos de este rango son las pozas o corridas (de escasa pendiente) y con vegetación circundante.

El presente estudio se inició con la hipótesis de que la diversidad y distribución de peces en las principales cuencas del departamento de Tacna eran escasas y estuvo basado en la descripción de la literatura realizada en cuencas mejor conservadas y con menor presión antropogénica que en la actualidad. La descripción estaba referida a dos especies (*Trichomycterus punctulatus* y *Basilichthys semotilus*); sin embargo, ninguna de estas especies fue determinada en el presente análisis.

V. CONCLUSIONES

1. La ictiofauna registrada en las cuencas Locumba, Sama, Mauri, Uchusuma y Caño comprendió a cuatro familias: Ciprinodontidae, Trichomycteridae, Salmonidae y Poeciliidae; las cuales estuvieron representadas por las especies nativas *Orestias agassii*, *Orestias laucaensis*, *Orestias parinacotensis*, *Orestias* sp., *Trichomycterus dispar*, *Trichomycterus rivulatus*, *Trichomycterus* sp. y las especies introducidas *Salvelinus fontinalis* y *Gambusia affinis*.
2. La diversidad determinada en la cuenca Caño presentó un bajo número de especies reportadas; sin embargo, estas se incrementaron progresivamente en las cuencas Mauri, Locumba y Uchusuma donde el número de especies reportadas fue cinco. El número de especies registradas en el presente estudio superó ampliamente al número indicado en estudios previos (dos especies).
3. Las especies identificadas en el presente estudio se distribuyeron principalmente en las cuencas Uchusuma, Mauri, Caño y la parte alta de la cuenca Locumba y estuvieron ubicadas a una altitud entre 4094 msnm y 4629 msnm.

En este rango limitado y con escasa presión antropogénica se registraron hábitats de buena calidad de agua y de pendiente y velocidad de corriente bajos, que resultaron propicios para el establecimiento de peces. La especie íctica de mayor distribución fue *Orestias agassii*.

VI. RECOMENDACIONES

1. Efectuar colectas posteriores en diferentes épocas hidrológicas (época seca y época húmeda) para ampliar el conocimiento de la variación de la estructura comunitaria de la ictiofauna.
2. Realizar estudios poblacionales de las especies descritas abarcando aspectos tróficos, reproductivos, con énfasis especial en el efecto potencial producido por especies introducidas.
3. Complementar el análisis de morfología externa de las especies *Trichomycterus* sp. y *Orestias* sp., con análisis de morfología interna y molecular.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arratia, G. (1982). *Peces del Altiplano de Chile*. En UNESCO, El hombre y los Ecosistemas de Montaña. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe. p. 93.
- Arratia, G. (1983). *Trichomycterus chungaraensis n.sp and Trichomycterus laucaensis n.sp. (Pisces, Siluriformes, Trichomycteridae) from the high Andean range*. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 18:2, 65-87.
- Arratia, G. (1990). *The South American Trichomycterinae (Teleostei: Siluriformes), a problematic group*. Vertebrates in the tropics, p.395.
- Arratia, G., Vila, I., Lam, N., Guerrero, C. J., y Quezada-Romegialli, C. (2017). *Morphological and taxonomic descriptions of a new genus and species of killifishes (Teleostei: Cyprinodontiformes) from the high Andes of northern Chile*. PloS one, 12(8).
- Badii, M., Landeros, J. y Cerna E. (2007). *Patrones de asociación de especies y su sustentabilidad*. International Journal of Good Conscience, 3(1), p.632.
- Begon, M., Townsend, C. y Harper, J. (2006). *Ecología: de individuos a ecosistemas*. University of Dallas Press

- Brown, J. (1995). *Macroecology*. University of Chicago Press.
- Chará J., Baird, C., Telfer, T. y Rubio, E. (2006). *Feeding ecology and habitat preferences of the catfish genus Trichomycterus in low-order streams of the Colombian Andes*. Journal of fish Biology 68, pp.1026-1040
- Chocano, L. (2005). *Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna endémica*. Revista Digital Universitaria, 6(8), 1-13.
- Colwell, R. y Coddington, J. (1994). *Estimating the extent of the terrestrial biodiversity through extrapolation*. Philos Trans. Real Society on London (345), p. 101.
- Cossíos D. (2010). *Vertebrados naturalizados en el Perú: historia y estado de conocimiento*. Revista Peruana de Biología 7(2): 179-189. UNMSM
- De la Barra, E., Zubieta, G., Aguilera, M., Maldonado, M., Pouilly y Oberdorff, T. (2016). *¿Qué factores determinan la distribución altitudinal de los peces de ríos tropicales andinos?* Revista de Biología Tropical. Vol. 64(1):157-176.
- Dyer, B. (1997). *Phylogenetic Revision of Atherinopsinae (Teleostei, Atherinopsidae), with comments on the Systematics of the South American Freshwater Fish Genus Basilichthys Girard*. Museum of Zoology, University of Michigan, N°185.

- Dyer, B. (2000). *Sistematic Review and Biogeography of the freshwater fishes of Chile*. Estudios Oceanológicos, 19, 77-98.
- Dourojeanni, A. (1994). *La gestión del agua y las cuencas en América Latina*. CEPAL.
- Eigenmann, C. (1918). *The Pygidiidae a family of South American catfishes*. En Memoirs of the Carnegie Museum Vol. 7, págs. 259-373.
- Eigenmann, C., y Allen, W. (1942). *Fishes of Western South America*. Lexington, Kentucky.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2017). *Fisheries Topics: Ecosistemas acuáticos continentales*. Topics Fact Sheets. Recuperado de <http://www.fao.org/fishery/ecosystems/inland/es>.
- Gastón, K. (1996). *A biology of numbers and difference*.
- Guerrero C., Poulin, E., Méndez, M., y Vila, I. (2015). *Caracterización trófica de Orestias (Teleostei: Cyprinodontidae) en el Parque Nacional del Lauca*. Gayana 79 (1), p 18.
- Global Invasive Species Database (2017) *Especie: Oncorhynchus mykiss*. Recuperado de <http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Oncorhynchus+mykiss>
- Hutcheson, K. (1970). *A test for comparing diversities based on the Shannon formula*. Journal of theoretical Biology, 29(1), p.151.

- Jowet, I. (1993). *A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 27(2), 241-248.
- Kanno, Y. y Vokoun, J. (2014). *Evaluating effects of water withdrawals and impoundments on fish assemblages in southern New England streams*. USA, Fisheries Management and Ecology 17:272-283
- Kent, M. y Coker, P. (1992). *Vegetation description and analysis: A practical approach*. New York, USA: John Wiley & Sons.
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological Methodology*. Addison Welsey Educational Publishers. Inc., Menlo Park, California.
- Lancelotti, J., Pascual, M. y Diéguez, M. (2006). *La cría de trucha arcoíris en la Meseta del Lago Strobel: dieta, crecimiento y condición en un conjunto de lagunas*.
- Lauzane, L. (1981). *Description de trois Orestias nouveaux du Lac Titicaca, O. ispi n. sp., O. forgeti n. sp. et O. tchernavini n. sp.*(Pisces, Cyprinodontidae). Cybium, 5 (3), p.71.
- Lauzanne, L. (1982). *Les Orestias (Pisces, Cyprinodontidae)*. Revue d'Hydrobiologie Tropicale, 15(1), p.39.
- MacCrimmon H.R. (1971) *World distribution of the rainbow trout (Salmo gairdneri)*. Journal of the fisheries research board of Canada. 28:663-704

- Magurran, A. E. (1988). *Diversity indices and species abundance models. Ecological diversity and its measurement*. Springer, Dordrecht. p. 7.
- Moreno, C. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis. Zaragoza, España. Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Museo de Historia Natural de Historia Natural Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Ministerio del Ambiente [MHN UNMSM - MINAM] (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces)*, p.14-27.
- Ministerio del Ambiente [MINAM] (2016). *Prospección, Distribución y Análisis Socio-Económico de la Trucha en las Regiones de Arequipa, Puno, Tacna y Moquegua*.
- Ministerio de Agricultura [MINAGRI] (2010). *Estudio de evaluación de los recursos hídricos superficiales en las cuencas de los ríos Locumba y Sama. Autoridad Nacional del Agua-Administración Local de Agua Locumba Sama*.
- MINAGRI (2017). *Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Caplina y Uchusuma, Tacna*. Instituto Nacional de Recursos Naturales-Administración Técnica del Distrito de Riego de Tacna.

- Municipalidad Provincial Jorge Basadre Grohmann (2017). *Estudios hidrobiológicos realizados en la Cuenca del Río Locumba*. Portal Web. Recuperado de http://www.munijorgebasadre.gob.pe/pagina/web_inst/prov_bio_hidrobiologia.php
- Ministerio de la Producción [PRODUCE] (2015). *Especies Cultivadas del Perú*. Boletín de la Dirección General de Acuicultura. Despacho Viceministerial de Pesquería.
- NRCS, U. (1998). *Stream visual assessment protocol NWCC-TN-99-1*. Portland, OR: National Water and Climate Center.
- NRCS, U. (2009). *Stream Visual Assessment Protocol Version 2*. Portland OR: United States Department of Agriculture.
- Odum, E. (1985). *Trends expected in stressed ecosystems*. Bioscience, 35(7), p.419.
- Olson, D., Dinerstein, P., Canevari, I., Davidson, G., Castro, V., Morriset y Toledo, R. (1988). *Freshwater Biodiversity of Latin America and the Caribbean*. A Conservation Assessment.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1993). *Convenio sobre diversidad biológica*
- Ordoñez J. (2011). *¿Qué es una cuenca hidrográfica?* Sociedad Geográfica de Lima. Foro Peruano para el Agua-GWP Perú.

- Ortega, H., Hidalgo, M., Trevejo, G., Correa, E., Cortijo, A. M., Mesa, V., y Espino, J. (2012). *Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú. Estado actual de conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación*. 120 p.
- Oyague, E. (2006). *Informe de Monitoreo de Calidad de Aguas, Cuenca del Río Ponasa. Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales-CIMA*.
- Oyague-Passuni, E. y Franco, P. (2013). *Salvelinus fontinalis (Mitchill, 1814) (Salmoniformes: Salmonidae): The Presence of Brook Trout in Peru*. Check List, 9(4), 797-799.
- Parenti L. (1981). *A phylogenetic and Biogeographic Analysis of Cyprinodontiform Fishes (Teleosteri, Atherinomorpha)*. Bulletin on the American Museum of Natural History 168 (4).
- Parenti, L. (1984). *A Taxonomic Revision of the Andean Killifish Genus Orestias (Cyprinodontiformes)*. History, Bulletin of the American Museum of Natural History (178), 107-214 p.
- Petrere, M., Giacomi, H., y De Marco, P. (2010). *Catch-per-unit-effort wich estimator is best?* Brazilian Journal of Biology, 70: 483-491.
- Pyke G. (2005) *A review of the biology of Gambusia affinis and G. holbrook*. Reviews. Fish Biology and Fisheries, 15(4), pp.339-365.

- Reis, R. E. (2003). *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America* - CLOFFSCA. Edipucrs.
- Ringuelet, R. (1975). *Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre áreas ictiológicas de América del Sur*. 2(3): 1-122.
- SERFOR. 2018. *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú*. Primera Edición. 532 p.
- Shannon, C. (1948). *A mathematical theory of communication*. Bell system technical journal, 27(3), p. 379.
- SIGMINAM. (2010). *Mapa de Cuencas Hidrográficas del Perú*. Ministerio del Ambiente.
- Sostoa, A. (2005). *Protocolos de muestreo y análisis para ictiofauna*. Confederación Hidrográfica del Ebro: Comisaría de Aguas.
- Sostoa, A. (2010). *Estudio de las comunidades de especies nativas de peces del lago Titicaca: Caracterización ecológica y su uso como bioindicadores del estado de conservación*. PRODUCE.IMARPE.
- Turner, J., Gatehouse, C. y Corey, J. (1987). *Does solar energy control organic diversity? Butterflies, moths and the British climate*. Oikos, 48, 195-205.

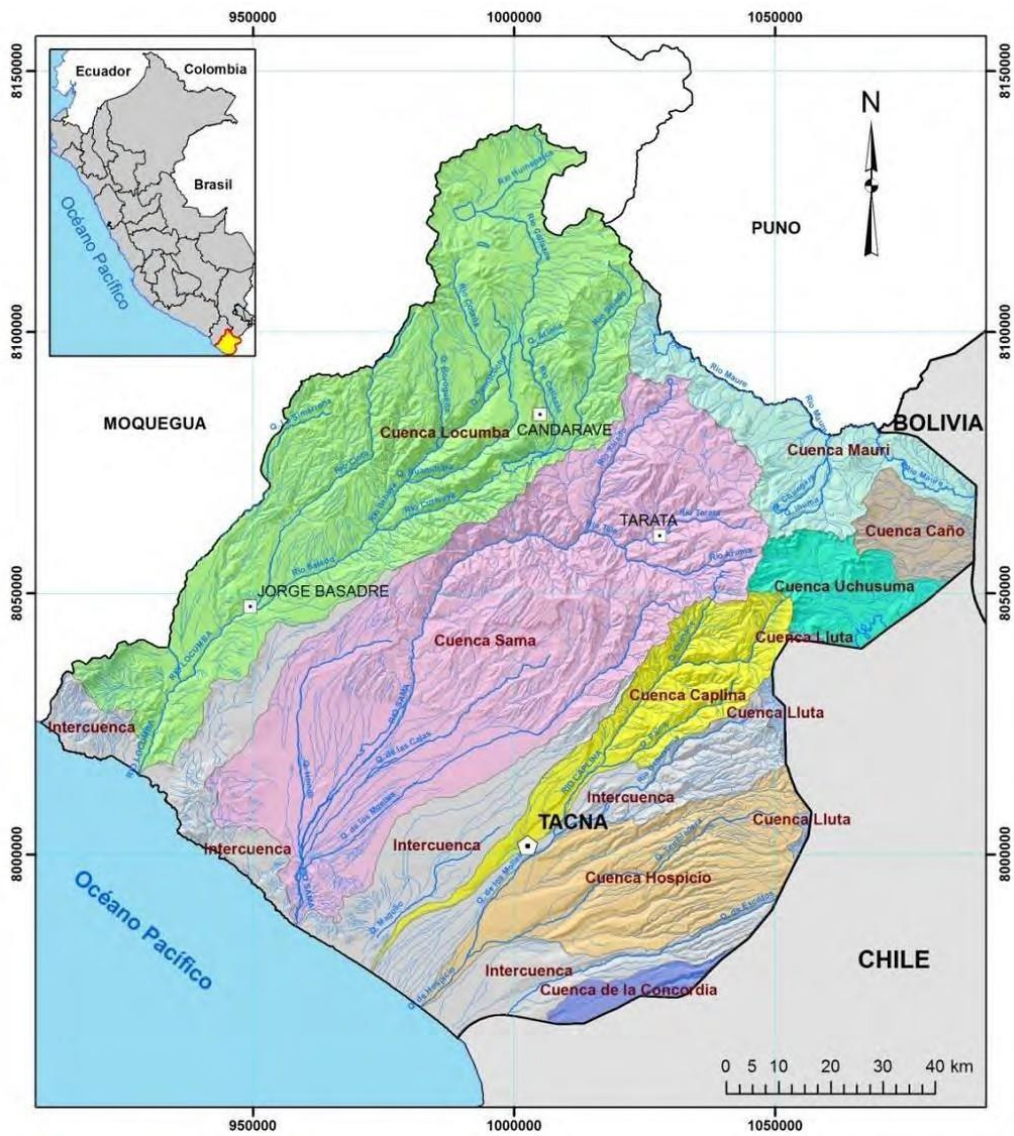
- Tchernavin, V. (1944). *A revision of some Trichomycteridae based on material preserved in the British Museum (Natural History)*. Proceedings of the Zoological Society of London, 114(1-2), 234-275.
- Tchernavin, V. (1944a). A Revision of the Subfamily Orestiinae. Proceedings of the Zoological Society of London, 114(1-2), p.140.
- Tejerina – Garro, F., Maldonado, M., Ibañez, C., Pont, D., Roset, N. y Oberdorff (2005). *Effects of Natural and Anthropogenic Environmental Changes on Riverine Fish Assemblages: a Framework for Ecological Assessment of Rivers*. Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol. 48 n. 1: pp. 91-108.
- Valenciennes, A. (1846). *Histoire Naturelle des Poissons (Vol. 18)*. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Vari, R., y Weitzman, S. (1990). A review of the phylogenetic biogeography of the freshwater fishes of South America. *Vertebrates in the Tropics*, 381-393.
- Vera, A., Oyague, E., Castañeda, L., y Quinteros, Z. (2013). *Hábitos alimentarios del Bagre "Life" Trichomycerus punctulatus (Valenciennes, 1846) (Actinopterygii, Siluriformes) from Pisco River, Peru*. *Ecología Aplicada*, 12(2), 121-131.

- Vila, I., y Pinto, M. (1986). *A new species of Killifish (Pisces, Cyprinodontidae) from the Chilean Altiplano*. *Revue d'hydrobiologie tropicale*, 19(3-4), p.233.
- Wellcomme R. (1988) *International Introduction of inland aquatic species*.
FAO fish Technical Paper 194, 138 p.
- Williams, C. (1964). *Patterns in the balance of nature*. London: Academic Press.
- Wright, D. (1983). *Species-energy theory an extension of species – area theory*. *Oikos*, 41, 496-506.

VIII. ANEXOS

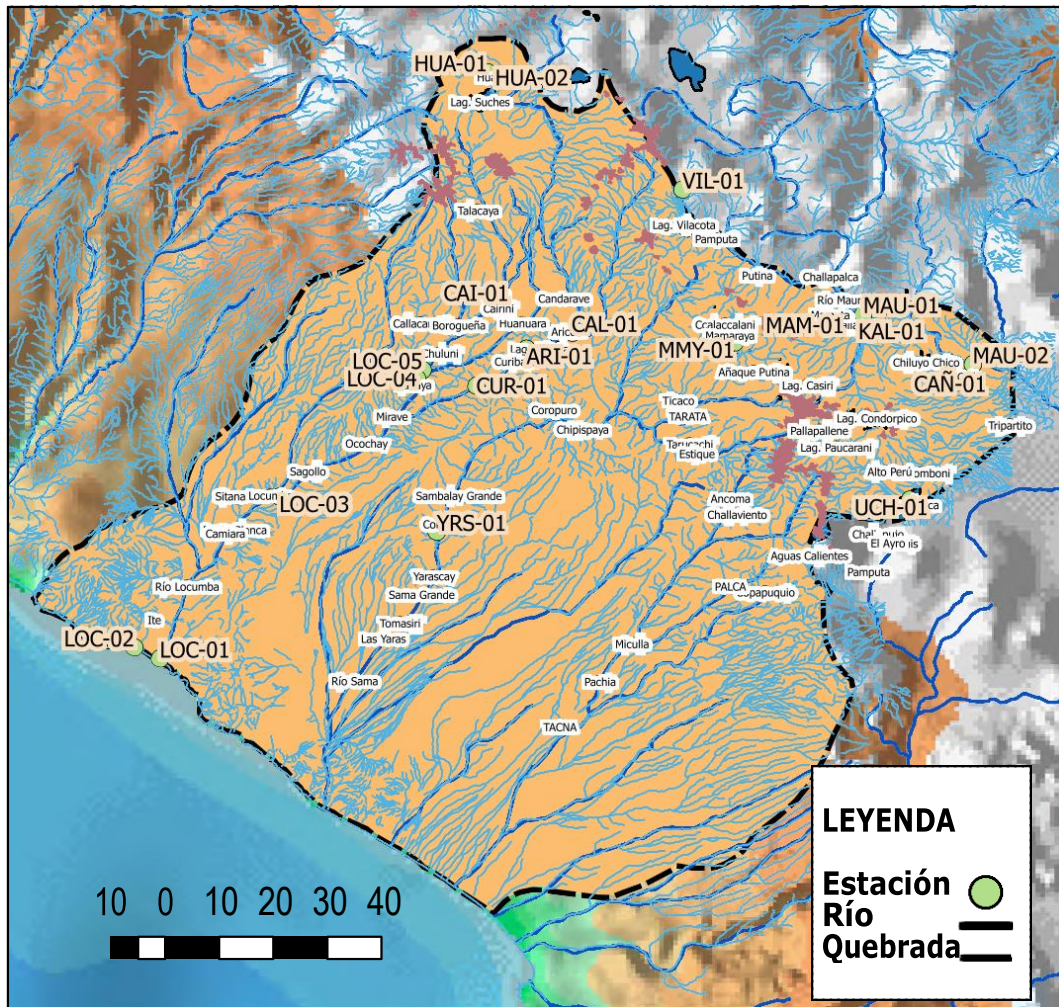
Anexo 1.

Ubicación del área de estudio



Fuente: Ministerio de Agricultura (2017).

Anexo 2.
Ubicación de las estaciones de muestreo



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3.
Fichas de campo

Ficha de Datos para Ríos y Quebradas					
Estación	Código	Río/Quebrada	Cuenca/Microcuenca		
Coordenadas WGS 84 Zona: 19K		Arriba- altitud (msnm)	Ubicación		
Este:	Norte:		Provincia:	Distrito:	Localidad:
Fecha	Hora	Completado por:			
Hábitat	Tamaño (m)	Distancia muestreada (m)			
		Ancho mojado promedio (m)			
		Ancho mojado min-max (m)			
		Ancho orilla promedio (m)			
		Ancho orilla min-max (m)			
		Profundidad máxima (cm)			
	Cauce (% de longitud)	Simple			
		Doble			
		Múltiple			
		Disperso			
	Tipo de Hábitat (% de longitud)	Caídas			
		Cascadas			
		Rápidos			
		Corridas			
		Pozas			

continúa...

Hábitat	Sustratos (% de Área)	Finos (< 2mm)		
		Grava (2 - 64 mm)		
		Cantos Rodados (65 - 256mm)		
		Piedras Grandes (>256 mm)		
		Roca Madre		
	Refugios (% de Área)	Grupo de piedras		
		Veg. Acuática		
		Veg. Terrestre		
		Grutas		
		Sin refugios		
			Izquierda	Derecha
	Orillas	Pendiente mínimo (°)		
		Pendiente máximo (°)		
		Pendiente promedio (°)		
		Altura promedio (m)		
		Roca %		
		Tierra Erosionable %		
		Gramíneas %		
		Arbustos %		
		Árboles %		

continúa...

Peces	Capturados	Especie	Cantidad
		Especie	Cantidad
		Especie	Cantidad
	Pesca	Arte de Pesca:	
		Distancia muestreada (m)	
		Esfuerzo	
	Obstáculos	Tipo	Altura (m)
Calidad de Agua	Evaluación de Campo	Temperatura (°C)	
		Conductividad (µS/cm)	
		pH	
		Oxígeno Disuelto (mg/L)	
		Turbidez (NTU)	
		Color Aparente	

Fuente: MHN UNMSM-MINAM, 2014.

Anexo 4.

Criterio de puntuación de protocolo SVAP

Criterios SVAP (MODIFICADO)	Puntaje
<u>1. Condición de Canal</u>	
Canal natural, sin estructuras o diques, no hay evidencia o impedimento para el flujo.	10
Evidencia de una alteración pasada del canal, pero con una significativa recuperación o persistencia de una alteración actual no significativa (afecta menos del 25% del tramo evaluado).	7
Canal considerablemente alterado (en alrededor del 50% de sus características naturales), si hay encauzamiento este reduce el área de inundación.	3
El canal activamente alterado o modificado fuertemente en el sentido del flujo. Puede presentar diques y/o encauzamiento que lo alteran en más del 50% de sus características naturales.	1
<u>2. Evidencia de Alteración Hidrobiológica</u>	
El río excede su cauce cada de 1,5 a 2 años. No existen daños como diques u otras estructuras que limiten el acceso de la orilla del río al canal no estrecho.	10
El río excede su cauce cada de 3 a 5 años, canal estrecho de flujo limitado. Presencia de estructuras o alteraciones que no afectan la disponibilidad de hábitats.	7
El río excede su cauce cada de 6 a 10 años. Canal marcadamente encañonado. Evidencia significativa de estructuras que afectan la cantidad de hábitats disponibles.	3
El río nunca presenta inundaciones. Canal marcadamente encañonado con estructuras que evitan los desbordes (muros, canalización o embalses cercanos). Evidencia de actividades de extracción de agua que conllevan a pérdidas de hábitats para las comunidades acuáticas.	1
<u>3. Zona Ribereña</u>	
La vegetación natural se extiende al menos dos veces el ancho activo del canal a cada lado.	10
La vegetación natural se extiende un equivalente a una vez el ancho	8

activo del canal a cada lado. Si su extensión es menor, de todas maneras cubre toda el área inundable.

La vegetación natural se extiende un equivalente a la mitad del ancho activo del canal a cada lado. 5

La vegetación natural se extiende solo un tercio del ancho activo del canal a cada lado, lo que posibilita su capacidad de filtración o retención moderada. 3

La vegetación casi no existe o cubre menos de un tercio del ancho del canal a cada lado. Presenta escorrentia y baja capacidad de regeneración. Filtración comprometida. 1

4. Estabilidad de Laderas

Laderas estables, no muy elevadas con respecto al área de inundación o flujo de agua, ninguna o muy escasa erosión. Superficie erosionada protegida por raíces que se extienden hasta la superficie del agua. 10

Laderas moderadamente estables, terrazas bajas y la superficie erosionable protegida por raíces. 7

Laderas moderadamente inestables, las terrazas pueden ser bajas, se pueden observar varios puntos de erosión. 3

Laderas inestables, terrazas altas, las orillas altamente erosionadas. 1

5. Apariencia del Agua

Agua clara, translúcida o muy poco coloreada, objetos visibles entre 1 y 2 metros de profundidad, no hay evidencia de aceites o grasa en la superficie y no hay películas grasosas en el sustrato u objetos sumergidos. 10

Agua ocasionalmente opaca, en especial después de lluvias fuertes, pero se aclara rápidamente, los objetos son visibles entre 0,5 y 1,5 metros de profundidad. No hay evidencia de aceites o grasas 7

Agua considerablemente opaca o turbia la mayor parte del tiempo, los objetos son visibles entre 0,25 y 0,5 metros de profundidad. Los remansos o estanques ligeramente de coloración verde. Superficie de las rocas con una película grasosa. 3

Fuertemente turbia casi todo el tiempo, no hay visibilidad debajo del agua, evidencia de contaminación: aceites, grasas en el sustrato, etc. 1

6. Enriquecimiento por Nutrientes

Aguas claras a lo largo de todo el transecto de evaluación, diversidad de plantas acuáticas inclusive macrofitas. Desarrollo inicial de algas. 10

Generalmente claras o con características iniciales. Moderado 7

desarrollo de algas en el sustrato.

Coloración del agua generalmente verde a lo largo del tramo.
Desarrollo de la comunidad eutrófica como algas, especialmente durante los meses más cálidos. **3**

Sustrato densamente cubierto por algas a lo largo de todo el tramo. **1**

7. Barreras para el Movimiento de Peces

No hay evidencia de barreras para el movimiento de peces. **10**

Barreras estacionales para el movimiento de los peces. **8**

Evidencia de estructuras bajas como alcantarillas, diques o desviaciones (caída menor a 30 cm) que dificultan la permanencia y el movimiento de los peces. **5**

Evidencia de estructuras medianas (caída mayor a 30 cm) que alteran el canal de manera media (alrededor de 5 km del estudio) **3**

Evidencia de estructuras medianas (caída mayor a 30 cm) que alteran el flujo en extensiones mayores a 5 km **1**

8. Presencia y características de Estanques

Abundantes estanques someros y profundos, más del 30% con fondo oscuro debido a la profundidad mayor a 1,5 metros **10**

Estanques presentes mas no abundantes, del 10 al 30% con el fondo oscuro debido a la profundidad de al menos 1 metro. **7**

Estanques presentes pero no abundantes, de 5 a 10% con el fondo oscuro debido a la profundidad menor a 1 metro. **3**

Estanques ausentes, todo el fondo es notable. **1**

9. Hábitat Apropriados para Peces

Más de 7 tipos de hábitat utilizables. **10**

De 6 a 7 tipos de hábitat utilizables. **8**

De 4 a 5 tipos de hábitat utilizables. **5**

De 2 a 3 tipos de hábitat utilizables. **3**

Solo un tipo de hábitat utilizable. **1**

10. Habitat Apropriados para Macroinvertebrados

Al menos 5 tipos de hábitat utilizables. **10**

De 3 a 4 tipos de hábitat utilizables. **7**

De 1 a 2 tipos de hábitat utilizables.	3
Solo un tipo de hábitat utilizable.	1
<u>11. Presencia de estiércol (si aplica)</u>	
No existe	10
Evidencia de acceso de ganado a la zona ribereña	7
Se encuentra estiércol ocasionalmente en la quebrada o hay una estructura para almacenar estiércol en planicies inundables	3
Cantidades grandes de estiércol en las orillas o dentro de la quebrada o presencia de tuberías de descarga de aguas negras sin tratamiento	1
<u>12. Presencia de basura</u>	
No existe	10
Una cantidad mínima de basura orgánica presente en las orillas y en río o quebrada	7
Una cantidad moderada de basura orgánica e inorgánica presente en las orillas y en el río o quebrada	3
Una cantidad alta de basura orgánica e inorgánica presente en las orillas y en el río o quebrada.	1

Fuente: Oyague, 2006

Anexo 5.

Evaluación SVAP en las estaciones de muestreo de las principales cuencas del departamento de Tacna

Criterios	Locumba								
	Locumba	Salado	Ilabaya	Ilabaya	Camilaca	Curibaya	Callazas	Huaytire	Huaytire
	LOC-01	LOC-03	LOC-04	LOC-05	CAI-01	CUR-01	CALL-01	HUA-01	HUA-02
1. Condición de Canal	10	7	3	3	10	7	3	7	10
2. Evidencia de Alteración Hidrobiológica	3	3	3	3	10	3	3	2	7
3. Zona Ribereña	3	5	3	5	5	5	1	8	10
4. Estabilidad de Laderas	5	7	7	7	10	7	3	7	10
5. Apariencia del Agua	3	3	10	10	10	7	10	7	10
6. Enriquecimiento por Nutrientes	7	7	7	3	7	7	7	3	3
7. Barreras para el Movimiento de Peces	10	5	8	8	10	5	8	10	8
8. Presencia y características de Estanques	3	3	3	7	10	3	3	7	7
9. Hábitat Apropriados para Peces	3	3	3	5	5	3	3	5	8
10. Habitat Apropriados para Macroinvertebrados	7	7	7	3	7	3	3	7	7
11. Presencia de estiércol (si aplica)	10	7	7	7	7	7	3	3	3
12. Presencia de basura	10	7	3	7	10	7	7	10	10
Puntaje Total	138	121	125	133	192	121	105	145	176
Puntaje SVAP	6,00	5,26	5,43	5,78	8,35	5,26	4,57	6,30	7,65
Categoría de la Condición del Hábitat	Moderado	Moderado	Moderada	Moderado	Buena	Moderado	Pobre	Moderado	Bueno

continúa...

Criterios	Sama		Maure				Caño	Ushu	
	Sama	Quilvire	Queque sane	Mamuta	Kalla puma	Maure	Maure	Caño	suma Uchu suma
	YRS-01	VIL-01	MMY-01	MAM-01	KAL-01	MAU-01	MAU-02	CAÑ-01	UCH-01
1. Condición de Canal	7	10	7	10	10	10	7	7	3
2. Evidencia de Alteración Hidrobiológica	7	10	7	7	7	10	7	7	7
3. Zona Ribereña	5	10	5	8	10	10	3	10	5
4. Estabilidad de Laderas	7	10	7	7	10	10	7	10	3
5. Apariencia del Agua	7	7	7	10	10	10	10	10	7
6. Enriquecimiento por Nutrientes	7	7	3	7	3	10	3	7	1
7. Barreras para el Movimiento de Peces	8	8	8	8	8	8	5	5	8
8. Presencia y características de Estanques	3	7	7	7	10	10	7	10	7
9. Hábitat Apropriados para Peces	5	8	5	5	8	8	5	5	5
10. Habitat Apropriados para Macroinvertebrados	3	7	7	7	7	7	7	7	3
11. Presencia de estiércol (si aplica)	7	7	7	7	7	7	7	7	10
12. Presencia de basura	7	10	7	10	10	10	10	10	10
Puntaje Total	139	192	147	176	190	210	149	183	135
Puntaje SVAP	6,04	8,35	6,39	7,65	8,26	9,13	6,48	7,96	5,87
Categoría de la Condición del Hábitat	Moderado	Buena	Moderado	Buena	Buena	Excelente	Moderado	Bueno	Moderado

Fuente: Datos obtenidos en campo

Anexo 6.

Panel fotográfico

A. Estaciones de muestreo



Fotografía 1. Estación LOC-01, río Locumba, aguas arriba



Fotografía 2. Estación LOC-02, humedal de Ite (la flecha indicada el área muestreada)



Fotografía 3. Estación LOC-02, humedal de Ite.



Fotografía 4. Estación LOC-03, río Salado, aguas abajo.



Fotografía 5. Estación LOC-03, río Salado, aguas arriba.



Fotografía 6. Estación LOC-04, río Ilabaya, aguas arriba (con obras de descolmatación).



Fotografía 7. Estación LOC-05, río Ilabaya, aguas abajo.



Fotografía 8. Estación LOC-05, río Ilabaya, aguas abajo



Fotografía 9. Estación CAI-01, río Camilaca (la flecha indica la ubicación de la estación)



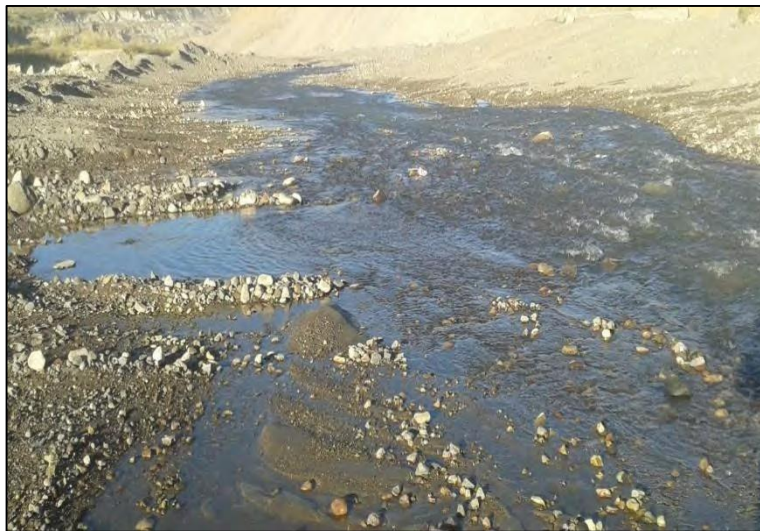
Fotografía 10. Estación CAI-01, río Camilaca, aguas abajo



Fotografía 11. Estación CUR-01, río Curibaya, aguas abajo



Fotografía 12. Estación ARI-01, laguna de Aricota



Fotografía 13. Estación CALL-01, río Callazas, aguas arriba



Fotografía 14. Estación CALL-01, río Callazas, aguas abajo (obras de descolmatación)



Fotografía 15. Estación HUA-01, río Huaytire, aguas abajo.



Fotografía 16. Estación HUA-01, río Huaytire, aguas arriba.



Fotografía 17. Estación HUA-02, río Huaytire, aguas abajo (la flecha indica la ubicación de la laguna de Suches).



Fotografía 18. Estación YRS-01, río Sama, aguas arriba.



Fotografía 19. Estación VIL-01, río Quilvire, aguas arriba.



Fotografía 20. Estación MMY-01, río Quequesane, aguas arriba.



Fotografía 21. Estación MMY-01, río Quequesane, aguas abajo



Fotografía 22. Estación MAM-01, quebrada Mamuta, aguas arriba.



Fotografía 23. Estación KAL-01, río Kallapuma (cerca de puente),
aguas arriba



Fotografía 24. Estación MAU-01, río Kallapuma (cerca de río Maure), aguas arriba



Fotografía 25. Estación MAU-02, río Maure, aguas abajo



Fotografía 26. Estación MAU-02, río Maure, aguas arriba.



Fotografía 27. Estación CAÑ-01, Río Caño, aguas arriba



Fotografía 28. Estación UCH-01, río Uchusuma (quebrada Ancuyo), aguas arriba.

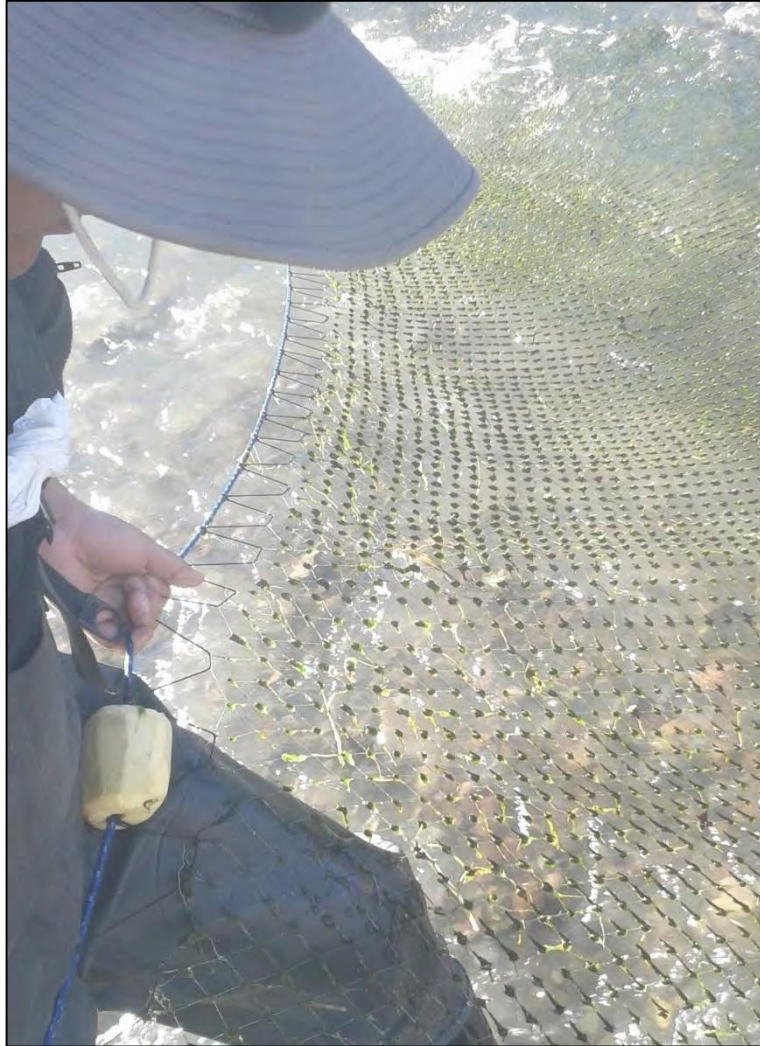
B. Métodos



Fotografía 29. Lance de atarraya en LOC-02, río Locumba



Fotografía 30. Tendido de red de espera en LOC-04, río Ilabaya.



Fotografía 31. Recojo de red de espera en CALL-01, río Callazas.



Fotografía 32. Lances red “cal-cal” en MMY-01, río Quequesane.



Fotografía 33. Lances red “cal-cal” en HUA-01, río Huaytire



Fotografía 34. Medición de parámetros fisicoquímicos en MMY-01, río Quequesane



Fotografía 34. Separación de las muestras por morfotipos.



Fotografía 35. Vista estereoscópica de patrón de poros en la cabeza de *Orestias*



Fotografía 36. Vista estereoscópica de patrón de poros en la cabeza de *Orestias*

C. Especies registradas



Fotografía 37. *Orestias agassii*



Fotografía 38. *Orestias laucaensis*



Fotografía 39. *Orestias parinacotiensis*



Fotografía 40. *Orestias* sp. (muestra poco tiempo después de la captura)



Fotografía 41. *Orestias* sp. (muestra en formol)



Fotografía 42. *Trichomycterus dispar*



Fotografía 43. *Trichomycterus rivulatus*
(en formol)



Fotografía 44. *Trichomycterus* sp.(en formol)



Fotografía 45. *Trichomycterus* sp. (recién capturado).



Fotografía 46. *Gambusia affinis*.



Fotografía 47. *Salvelinus fontinalis* (alevín)



Fotografía 48. *Salvelinus fontinalis* (adulto)

Tacna, 14 de Mayo de 2015.



Bach. Edison Fernando Morán Contreras
Tesisista



Dr. Juan Franco León
Asesor