

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS

**VARIABILIDAD MORFOLOGICA DEL GENERO ORESTIAS
(*TELEOSTEI: CYPRINODONTIDAE*) EN LAGUNAS
ALTOANDINAS DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO**

PRESENTADA POR:

Bach. JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL
DE BIÓLOGO**

ASESOR:

M.Cs. WILIAN NAZARIO CÁRDENAS ENRIQUEZ

**FINANCIADO POR EL PROGRAMA
YACHAYNINCHIS WIÑARINANPAQ - UNSAAC**

CUSCO - PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada:

VARIABILIDAD MORFOLOGICA DEL GENERO ORESTIAS
(TELEOSTEI: CYPRINODONTIDAE) EN LAGUNAS ALTOANDINAS DEL
DEPARTAMENTO DEL CUSCO

Presentado por: **Jack Malon Rodriguez Pumacocha** DNI N° **72744401**

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de **Biólogo**

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **02** veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **9** %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, **28** de **Agosto** de 20**25**


Firma

Post firma **MSc. Wilian Cardenas Enriquez**

Nro. de DNI **45456517**

ORCID del Asesor **0000-0003-2325-628X**

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: **27259:487945910**

Jack Malon Rodriguez Pumaccajia

TESIS VARIABILIDAD MORFOLOGICA DEL GENERO ORESTIAS JACK.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:487945910

Fecha de entrega

28 ago 2025, 7:35 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

28 ago 2025, 7:41 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS VARIABILIDAD MORFOLOGICA DEL GENERO ORESTIAS JACK.pdf

Tamaño del archivo

32.1 MB

194 páginas

47.258 palabras

243.322 caracteres

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
238 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
721 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi madre Nancy por el apoyo incondicional y amor sin medida para el desarrollo de esta tesis y mi educación.

A mí mismo por nunca rendirme, cuando no encontraba muestras, cuando hacía sol, frío, lluvia y hambre, por haber hecho lo imposible para muestrear todas las lagunas a pesar de las adversidades.

A mis hermanos Rubi y Steven por siempre apoyarme emocionalmente y darme ánimos para poder cumplir mis metas.

A mi padre Esteban por inculcarme el gusto por la pesca cuando era niño

A mi tío Miguel y mi tía Vicky por siempre estar esperándome en la puerta dándome ánimos cuando llegaba sin peces en salidas y preocuparse por mí.

A mi abuela Margarita que se encuentra en el cielo y a veces me visita en sueños, siempre permanecerá en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor, Willian Nazario Cárdenas, por su guía, paciencia y compromiso, que hicieron posible la formulación y ejecución de esta tesis. Su apoyo fue fundamental no solo en el aspecto académico, sino también como motivación personal para alcanzar mis objetivos, especialmente en el muestreo de las 10 lagunas propuestas.

Agradezco profundamente a mi familia, en especial a mis padres y hermanos, por su amor incondicional y constante apoyo a lo largo de este camino. A todas las personas que creyeron en mí desde el inicio de esta aventura profesional, les guardo un lugar especial en mi gratitud.

A mis mentores y colaboradores académicos: al Dr. Martin Montes, por su constante respaldo en mi formación como investigador; al Dr. Felipe Alonso, por sus valiosos comentarios en las primeras etapas del proyecto; y a los doctores Marco Méndez y Aldemar Acevedo, por confiar en mí y brindarme la oportunidad de contribuir al conocimiento del género *Orestias* en Cusco a ellos les estaré eternamente agradecido. También agradezco a Alex Ttito y Peter Condori, por su apoyo, consejos y la revisión de mis primeros borradores.

A mis compañeros y amigos de campo, cuya compañía fue esencial: Franz Palomino, por su ayuda con la movilidad, su amistad y el compartir los desafíos del trabajo de campo; Rolando Chaparrea, por su compañía, amistad desinteresada de muchos años y siempre apoyarme en mis proyectos; y a los miembros de IctiosCusco, especialmente Nayely Polanco y Deysi Ccala, por su esfuerzo en condiciones difíciles, y a Getsemani, Libertad y Edmar, por su compromiso con el proyecto.

Agradezco a mi alma mater, la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, y a la Facultad de Ciencias Biológicas por brindarme formación académica y los recursos necesarios. Al

programa Yachayninchis Wiñarinanpaq, por su respaldo económico en los momentos más críticos, permitiéndome culminar esta tesis.

Mi agradecimiento también al Museo de la Biodiversidad del Perú (MUBI) y a Juan Carlos Chaparro, por su apoyo, confianza y por permitirme depositar mis muestras; y al Centro de Investigación ECOTAXON y su área de Ictiología, por acompañarme durante estos cinco años de formación.

A mi familia: tía Vicky, por su apoyo y motivación incluso en los momentos más difíciles; tío Miguel, por sus consejos y enseñanzas en mi vida profesional les tengo un lugar especial en mi corazón; tíos Josué y Marta, por recibirme tras cada salida de campo; y especialmente a Alberto Rosas (Beto), por acompañarme en la exigente expedición a Sibinacocha, clave para cerrar esta investigación.

Finalmente, quiero expresar un agradecimiento muy especial a Meiggs Velásquez Peña, mi mejor amiga, quien me ha apoyado incondicionalmente durante más de 12 años. Su amistad, confianza y aliento constante han sido una verdadera fortaleza para mí en todo momento. También agradezco a Rodrigo Calvo, y a mis amigos de la Scala Coral y el trabajo: David López, Daniel, Gustavo, Santi, Percy, Joaquín, Roselvira y Andree Huallpa. A todos, ¡gracias de corazón!

ÍNDICE

RESUMEN	12
INTRODUCCION	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
JUSTIFICACIÓN.....	18
OBJETIVOS	19
1 CAPITULO I: MARCO TEORICO.....	20
1.1 ANTECEDENTES	20
1.1.1 Antecedentes internacionales	20
1.1.2 Antecedentes nacionales.....	21
1.2 BASES TEORICAS	24
1.2.1 Especies icticas andinas.....	24
1.2.2 Genero <i>Orestias</i> (Valenciennes, 1839).....	24
1.2.3 Lagunas altoandinas	25
1.2.4 Morfometría tradicional.....	25
1.2.5 Morfometría geométrica	26
1.3 BASES CONCEPTUALES.....	27
2 CAPITULO II: AREA DE ESTUDIO.....	28
2.1 Localización Política y geográfica	28
2.1.1 Laguna de Huaypo.....	30
2.1.2 Laguna de Piuray.....	31
2.1.3 Humedal Lucre-Huacarpay.....	32
2.1.4 Laguna Urcos	33
2.1.5 Laguna Languilayo.....	34
2.1.6 Laguna Sibinacocha	35
2.1.7 Laguna Pampamarca	36
2.1.8 Laguna Pomacanchi	37
2.1.9 Laguna Asnacocha	38
2.1.10 Laguna Qoricocha	39

3	CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS	40
3.1	MATERIALES.....	40
3.2	MÉTODOS.....	41
3.2.1	Unidad de Análisis	41
3.2.2	Población de estudio.....	41
3.2.3	Tamaño de muestra	41
3.3	Técnicas de levantamiento de información	42
3.3.1	Selección de puntos de muestreo	43
3.3.2	Captura de especímenes del género <i>Orestias</i>	43
3.3.3	Captura de los peces con Red agalladera:	43
3.3.4	Captura de los peces con Nasa o trampa:.....	44
3.3.5	Preservación de la muestra:	44
3.3.6	Rotulado de la muestra:	45
3.4	Determinación de peso, talla y factor de condición:	45
3.4.1	Análisis de correlación general para las variables de longitud y peso del género <i>Orestias</i> ..	46
3.4.2	Análisis de factor de condición del género <i>Orestias en lagunas altoandinas</i>	47
3.5	Caracterización de factores ambientales y variables morfológicas del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas:	48
3.5.1	Análisis de discriminante lineal (LDA) para las variables morfológicas del género <i>Orestias</i> 49	
3.6	Análisis de correspondencia canónica (CCA) para las variables ecológicas y su relación con la morfología del género <i>Orestias</i>	50
3.7	Determinación de la morfometría geométrica y morfotipos de las poblaciones de <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento del Cusco	50
3.7.1	Análisis para morfometría geométrica en individuos del género <i>Orestias</i>	51
4	CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION	54
4.1	Longitud, peso y factor de condición del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas.....	54
4.1.1	longitud del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento del Cusco	54
4.1.2	Peso del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento del Cusco	69
4.1.3	Regresión alométrica entre peso y talla de las poblaciones de <i>Orestias</i>	83
4.1.4	Análisis de factor de condición (FC) de las poblaciones de <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento de Cusco	84

4.2	Caracterización de las factores ambientales y variables morfológicas de las poblaciones del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento de Cusco.....	86
4.2.1	Características de los factores ambientales en lagunas altoandinas	86
4.2.2	Características morfológicas de las <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento del Cusco	96
4.3	Correlación de los factores ambientales y variables morfológicos de las poblaciones del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento de Cusco	114
4.3.1	Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre los factores ambientales y las variables morfológicas de las <i>Orestias</i> de lagunas altoandinas	114
4.4	Morfometría geométrica y morfotipos del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento de Cusco	122
4.4.1	Análisis de componentes principales de la forma del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas	122
4.4.2	Análisis de Varianza <i>Canónica</i> de la forma de <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento de Cusco	126
4.4.3	Análisis de componentes principales del promedio de forma de los morfotipos de <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento del Cusco	129
4.4.4	Análisis de regresión para calcular alometría en el género de <i>Orestias</i> de las lagunas altoandinas del departamento del Cusco	136
4.4.5	Caracterización de morfotipo del género <i>Orestias</i> en lagunas altoandinas del departamento del Cusco	138
DISCUSIÓN.....		156
CONCLUSIONES		160
RECOMENDACIONES.....		161
BIBLIOGRAFIA		163
ANEXOS		168

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación De Puntos De Muestreo	29
Figura 2.	Mapa de ubicación de la Laguna de Huaypo.....	30
Figura 3.	Mapa de ubicación de la Laguna de Piuray.....	31
Figura 4.	Mapa de ubicación del humedal Lucre-Huacarpay.....	32
Figura 5.	Mapa de ubicación de Urcos.....	33
Figura 6.	Mapa de ubicación de la laguna Languilayo	34
Figura 7.	Mapa de ubicación de la laguna de Sibinacocha.....	35
Figura 8.	Mapa de ubicación de la laguna de Pampamarca.....	36
Figura 9.	Mapa de ubicación de la laguna de Pomacanchi.....	37
Figura 10.	Mapa de ubicación de la laguna Asnacocha	38
Figura 11.	Mapa de ubicación de la laguna Qoricocha.....	39
Figura 12.	Landmarks utilizados para los análisis de morfometría geométrica	42
Figura 13.	Histograma de longitud (mm) de Orestias por cada laguna altoandina del departamento de Cusco...	55
Figura 14.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias por cada laguna altoandina del departamento de Cusco	56
Figura 15.	Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Pomacanchi	59
Figura 16.	Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Piuray.....	59
Figura 17.	Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Languilayo	59
Figura 18.	Histograma de longitud (mm) de Orestias en humedal Lucre-huacarpay.....	59
Figura 19.	Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Qoricocha	59
Figura 20.	Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Sibinacocha.....	59
Figura 21.	Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Huaypo.....	59
Figura 22.	Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Pampamarca	59
Figura 23.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Pomacanchi	60
Figura 24.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Piuray	60
Figura 25.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Languilayo	60
Figura 26.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en el humedal Lucre-Huacarpay.....	60
Figura 27.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Qoricocha	60
Figura 28.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Sibinacocha	60
Figura 29.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Huaypo.....	60
Figura 30.	Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Pampamarca	60
Figura 31.	Histograma de peso.....	70
Figura 32.	Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias por cada laguna altoandina del departamento de Cusco	71
Figura 33.	Histograma de peso (g) de Orestias en la laguna de Pomacanchi	73
Figura 34.	Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Piuray.....	73
Figura 35.	Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Languilayo	73
Figura 36.	Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Lucre-Huacarpay.....	73
Figura 37.	Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Qoricocha	73
Figura 38.	Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Sibinacocha.....	73
Figura 39.	Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Huaypo	73
Figura 40.	Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Pampamarca	73
Figura 41.	Diagrama de cajas del peso (g) de Orestias en la laguna de Pomacanchi.....	74
Figura 42.	Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Piuray	74
Figura 43.	Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Languilayo.....	74
Figura 44.	Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en el humedal Lucre-Huacarpay	74
Figura 45.	Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Qoricocha	74
Figura 46.	Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Sibinacocha	74
Figura 47.	Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Huaypo	74

Figura 48.	<i>Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Pampamarca</i>	74
Figura 49.	<i>Diagrama de dispersión de regresión alométrica entre peso y talla</i>	83
Figura 50.	<i>Scatterplot del factor de condición vs la longitud de las poblaciones del género Orestias</i>	85
Figura 51.	<i>Figura de barras de los factores ambientales en lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	88
Figura 52.	<i>Área de espejo (ha) de las lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	90
Figura 53.	<i>Ubicación espacial de las lagunas altoandinas del departamento de Cusco.....</i>	90
Figura 54.	<i>Mapa de calor de las distancias (Km) de las lagunas altoandinas en el departamento de Cusco.....</i>	91
Figura 55.	<i>Dendograma de distancias de las lagunas altoandinas del presente estudio</i>	92
Figura 56.	<i>Promedio de las medidas merísticas de la cabeza de las poblaciones de Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco</i>	97
Figura 57.	<i>Gráfico de dispersión del PCA de las medidas merísticas promedio de la cabeza del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	100
Figura 58.	<i>Promedio de las medidas merísticas del cuerpo del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco.....</i>	101
Figura 59.	<i>Promedio de las medidas merísticas generales del cuerpo del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco</i>	102
Figura 60.	<i>PCA de las medidas merísticas del cuerpo del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco.....</i>	104
Figura 61.	<i>Promedio de las medidas merísticas de las aletas pectorales del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco</i>	105
Figura 62.	<i>Promedio de las medidas merísticas de la aleta dorsal del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco</i>	106
Figura 63.	<i>Promedio de las medidas merísticas de la aleta anal de las poblaciones de Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco</i>	107
Figura 64.	<i>Promedio de las medidas merísticas de la aleta caudal del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco</i>	108
Figura 65.	<i>PCA de las medidas merísticas de las aletas del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco.....</i>	109
Figura 66.	<i>Biplot del Analisis de discriminante Lineal de las variables morfológicas en el género Orestias.....</i>	113
Figura 67.	<i>Biplot del Analisis de Correspondencia Canónica</i>	119
Figura 68.	<i>Analisis de variancia de los componentes principales.....</i>	123
Figura 69.	<i>Analisis de componentes principales (PCA) morfometría geométrica – PC1.....</i>	124
Figura 70.	<i>Analisis de componentes principales (PCA) morfometría geométrica – CP2.....</i>	124
Figura 71.	<i>Diagrama de dispersión - Analisis de componentes principales (PCA) morfometría geométrica</i>	125
Figura 72.	<i>Analisis de varianza canónica (CVA) morfometría geométrica</i>	128
Figura 73.	<i>Analisis de componentes principales (PCA) del Promedio de la forma de Orestias en lagunas altoandinas del departamento de cusco</i>	130
Figura 74.	<i>Analisis de función discriminante de Orestias (wireframes)</i>	134
Figura 75.	<i>Analisis de función discriminante de Orestias (Histogramas)</i>	135
Figura 76.	<i>Analisis de regresión para el cálculo de alometria.....</i>	137
Figura 77.	<i>Fotografía de Orestias en la laguna de Pomacanchi.....</i>	138
Figura 78.	<i>CVA wireframe morfotipo de la laguna Pomacanchi.....</i>	139
Figura 79.	<i>Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Pomacanchi.....</i>	139
Figura 80.	<i>Fotografía Orestias laguna de Piuray.....</i>	140
Figura 81.	<i>CVA wireframe morfotipo de la laguna Piuray</i>	141
Figura 82.	<i>Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Piuray</i>	141
Figura 83.	<i>Fotografía morfotipo Orestias laguna de Langui-Layo</i>	142
Figura 84.	<i>CVA wireframe morfotipo de la laguna Languilayo</i>	143
Figura 85.	<i>Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Languilayo</i>	143
Figura 86.	<i>Fotografía Orestias morfotipo del Humedal Lucre-Huacarpay</i>	144
Figura 87.	<i>CVA wireframe morfotipo del humedal Lucre-Huacarpay.....</i>	145
Figura 88.	<i>Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en el humedal Lucre-Huacarpay.....</i>	145

Figura 89.	<i>Fotografía morfotipo de Orestias laguna Qoricocha</i>	146
Figura 90.	<i>CVA wireframe morfotipo de la laguna Qoricocha</i>	147
Figura 91.	<i>Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Qoricocha</i>	147
Figura 92.	<i>Fotografía morfotipo de Orestias laguna Sibinacocha</i>	148
Figura 93.	<i>CVA wireframe morfotipo de la laguna Sibinacocha</i>	149
Figura 94.	<i>Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Sibinacocha</i>	149
Figura 95.	<i>Fotografía morfotipo Orestias de la laguna de Huaypo</i>	150
Figura 96.	<i>CVA wireframe morfotipo de la laguna Huaypo.....</i>	151
Figura 97.	<i>Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Huaypo.....</i>	151
Figura 98.	<i>Fotografía Orestias de la laguna de Pampamarca.....</i>	152
Figura 99.	<i>CVA wireframe morfotipo de la laguna Pampamarca</i>	153
Figura 100.	<i>Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Pampamarca</i>	153
Figura 101.	<i>Ilustración de los morfotipos del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco.....</i>	155

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Lista de especies reportadas históricamente en Cusco.....</i>	23
Tabla 2.	<i>Ubicación de lagunas altoandinas evaluadas</i>	28
Tabla 3.	<i>Lista de individuos capturados.....</i>	42
Tabla 4.	<i>Esfuerzo de muestreo</i>	44
Tabla 5.	<i>Estadísticos descriptivos de la longitud total (mm) de las Orestias evaluadas</i>	54
Tabla 6.	<i>Test de Kruskal- Wallis de la longitud de Orestias en lagunas altoandinas</i>	57
Tabla 7.	<i>Estadísticos descriptivos de la longitud (mm) de las Orestias evaluadas por laguna.....</i>	58
Tabla 8.	<i>Estadísticos descriptivos del peso (gr) del género Orestias.....</i>	69
Tabla 9.	<i>Test de Kruskal- Wallis del peso de Orestias en lagunas altoandinas</i>	71
Tabla 10.	<i>Estadísticos descriptivos del peso (gr) de las Orestias evaluadas por laguna.....</i>	72
Tabla 11.	<i>Factor de condición de las poblaciones de Orestias.....</i>	85
Tabla 12.	<i>Parámetros fisicoquímicos de las lagunas altoandinas</i>	86
Tabla 13.	<i>Características geográficas de las lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	89
Tabla 14.	<i>Pendiente media de la cuenca las lagunas altoandinas del departamento del Cusco.....</i>	93
Tabla 15.	<i>Promedio de las medidas merísticas de las poblaciones de Orestias en lagunas altoandinas del departamento de Cusco.....</i>	96
Tabla 16.	<i>Valores propios y Varianza del PCA de las medidas merísticas de la cabeza de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	98
Tabla 17.	<i>Cargas de las variables del PCA de las medidas merísticas de la cabeza de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	99
Tabla 18.	<i>PCA de las medidas del cuerpo de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco ..</i>	103
Tabla 19.	<i>PCA de las medidas del cuerpo del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco.....</i>	104
Tabla 20.	<i>PCA de las medidas de las aletas de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	108
Tabla 21.	<i>PCA de las medidas de las aletas de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	109
Tabla 22.	<i>LDA de las medidas merísticas de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco ...</i>	111
Tabla 23.	<i>Cargas del LDA de las medidas merísticas de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco.....</i>	111
Tabla 24.	<i>Cargas de las medidas lineales morfométricas del Analisis de Componentes Canonicos (CCA).....</i>	116
Tabla 25.	<i>Cargas de los Factores ambientales del Analisis de Componentes Canonicos (CCA).....</i>	117
Tabla 26.	<i>Valores propios y Varianza del PCA de las coordenadas de procrustes del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco</i>	122

Tabla 27.	<i>Valores de los componentes del Analisis de Varianza Canonica (CVA).....</i>	126
Tabla 28.	<i>Distancias de Mahalanobis entre las poblaciones del género Orestias en lagunas altoandinas</i>	127
Tabla 29.	<i>Variación entre grupos, escalada por el inverso de la variación dentro de los grupos.....</i>	129
Tabla 30.	<i>Analisis función discriminante de morfotipos (Distancias de Mahalanobis).....</i>	131
Tabla 31.	<i>Analisis de regresión para calcular alometria</i>	136
Tabla 32.	<i>Descripción morfométrica promedio de los morfotipos del género Orestias según localidad</i>	154

RESUMEN

La investigación se realizó entre 2022 y 2024 en diez lagunas altoandinas del departamento de Cusco ($>3\,000$ m s. n. m.) con el objetivo de caracterizar morfológicamente poblaciones del género *Orestias* y evaluar la relación entre su morfología y factores ambientales. Se capturaron 110 individuos en ocho lagunas mediante redes de espera, arrastre, calcal y atarraya.

Se emplearon morfometría lineal y geométrica. El efecto del tamaño corporal en las medidas lineales se evaluó mediante una regresión alométrica entre peso y talla; el factor de condición (K) se calculó y analizó de forma complementaria. Además, se consideraron factores ambientales (pH, conductividad, temperatura, área de espejo, entre otras). Para evaluar la estructura morfológica y su relación con el ambiente se aplicaron análisis multivariados: Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis Discriminante Lineal (LDA), Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) y Análisis de Variables Canónicas (CVA).

Se identificaron ocho morfotipos con diagnósticos morfológicos consistentes según su laguna de origen. En conjunto, los resultados aportan evidencia sobre la variabilidad morfológica de *Orestias* en lagunas altoandinas de Cusco y sugieren que los morfotipos podrían corresponder a unidades taxonómicas diferenciadas.

Palabras clave: *Orestias*, morfometría lineal, morfometría geométrica, adaptación ecológica

ABSTRACT

The research was conducted between 2022 and 2024 in ten high-Andean lakes of the Cusco region (>3,000 m a.s.l.), with the aim of morphologically characterizing populations of the genus *Orestias* and evaluating the relationship between their morphology and environmental factors. A total of 110 individuals were captured in eight lakes using gillnets, seine nets, cast nets, and local fishing gear (*calcal*).

Both linear and geometric morphometrics were applied. The effect of body size on linear measurements was assessed through an allometric regression between weight and length, while the condition factor (K) was calculated and analyzed as a complementary metric. Environmental variables (pH, conductivity, temperature, surface area, among others) were also considered. To examine morphological structure and its relationship with the environment, multivariate analyses were performed, including Principal Component Analysis (PCA), Linear Discriminant Analysis (LDA), Canonical Correspondence Analysis (CCA), and Canonical Variate Analysis (CVA).

Eight morphotypes were identified, each with consistent morphological diagnoses according to their lake of origin. Overall, the results provide evidence of morphological variability in *Orestias* populations from high-Andean lakes of Cusco and suggest that these morphotypes may correspond to distinct taxonomic units.

Keywords: *Orestias*, linear morphometrics, geometric morphometrics, ecological adaptation

INTRODUCCION

Los peces son el grupo de vertebrados más diverso y con mayor cantidad de especies a nivel global, actualmente presentan más de 37,273 especies validas (Fricke et al., 2025).

Tan solo en el Perú existen 2231 especies de peces de los cuales 1141 son de aguas continentales y el resto marinas (MINAM et al., 2019), sin embargo, a pesar de ser el grupo de vertebrados más diverso, en el Perú es el grupo de vertebrados menos estudiado, más aún los peces altoandinos debido a su complejidad taxonómica, y escaso número de especialistas. La ictiofauna nativa altoandina está representada principalmente por los géneros: *Trichomycterus*, *Orestias* y *Astroblepus*. Sin embargo, las introducciones de especies exóticas con fines de acuicultura, pesca deportiva y acuariofilia, se tiene presencia de las especies: *Odontesthes bonariensis* (pejerrey argentino), *Oncorhynchus mykiss* (Trucha arcoíris) y *Cyprinus carpio* (Carpa común) en cuerpos acuáticos altoandinos del departamento del Cusco.

El género *Orestias* incluye 46 especies validas (Fricke et al., 2023), de los cuales 38 se encuentran distribuidas en Perú (Ortega et al., 2012), Este género es endémico de lagos de gran altitud y arroyos tributarios de los Andes peruanos, bolivianos y chilenos, se extiende desde Ancash en el norte de Perú hasta Antofagasta provincia en el norte de Chile (Parenti, 1984).

En el departamento de Cusco, Fowler (1945) reporto 5 especies de *Orestias* (*O. frontosa*, *O. mulleri*, *O. jussiei* y *O. agassii*) en diversos cuerpos acuáticos distribuidos en el departamento de Cusco. Parenti (1984), describió a *Orestias munda* en la cuenca del Urubamba como su localidad tipo, (Reis et al., 2003) reportaron en su libro “Check list of the Freshwater fishes of south and central america” a *Orestias pentlandii* para el valle del Cusco. Se tiene reportado para el departamento del Cusco 6 especies validas del género *Orestias*, sin embargo, el último reporte publicado de este género es de casi dos décadas, actualmente no se conoce datos sobre la ecología,

taxonomía, diversidad y distribución biogeográfica en los ecosistemas altoandinos donde se distribuye este género en el departamento del Cusco

Este estudio actualiza el conocimiento sobre el género *Orestias* en Cusco, aportando datos esenciales sobre la morfología y su relación con los factores ambientales para la conservación y manejo de estas poblaciones altoandinas, y abre nuevas líneas para futuras investigaciones taxonómicas, ecológicas y biogeográficas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Situación problemática

En las lagunas altoandinas del departamento del Cusco, las especies del género *Orestias* constituyen un componente clave de los ecosistemas acuáticos lénticos. Sin embargo, pese a su importancia ecológica y evolutiva, el conocimiento sobre su diversidad, distribución y relaciones taxonómicas sigue siendo limitado. La ausencia de estudios detallados genera incertidumbre respecto a la distribución de las especies, lo que dificulta su correcta identificación y la comprensión de sus patrones de variabilidad morfológica en relación con los factores ambientales.

Esta carencia no solo afecta la clasificación y conservación de *Orestias*, sino que también limita la interpretación de su ecología y evolución en los ambientes de alta montaña. Además, la creciente presión de factores como la introducción de especies exóticas, la degradación ambiental y el cambio climático agrava la situación, poniendo en riesgo a especies que aún no han sido completamente descritas ni diferenciadas.

En este contexto, resulta fundamental profundizar en el estudio de la diversidad morfológica y ecológica de *Orestias* en las lagunas altoandinas del Cusco. Por ello, el presente estudio se plantea como una contribución al conocimiento sobre la morfología con el fin de aportar al conocimiento para resolver la incertidumbre taxonómica del género en el departamento del Cusco, con el objetivo de reducir la incertidumbre en su clasificación y aportar información clave para su conservación y manejo sostenible.

Formulación del problema

a. *Problema general*

1. ¿Cuál es la variabilidad morfológica del género *Orestias* en relación con los factores ambientales presentes en las lagunas altoandinas del departamento del Cusco?

b. *Problemas específicos*

1. ¿Cuál es la variabilidad en peso, talla y factor de condición de las poblaciones de *Orestias* en las lagunas altoandinas del Cusco?
2. ¿Cuáles son los factores ambientales y morfológicos que caracterizan a las poblaciones de *Orestias* en las lagunas altoandinas del Cusco?
3. ¿Qué correlación existe entre los factores ambientales y las variables morfológicas en las poblaciones de *Orestias*?
4. ¿Cuáles son los morfotipos identificables mediante morfometría geométrica en las poblaciones del género *Orestias* en las lagunas altoandinas del Cusco?

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo desarrolla una metodología aplicable para investigar las especies de peces en ecosistemas lénticos altoandinos, facilitando el estudio de su morfología mediante herramientas modernas como la morfometría geométrica y el análisis de factores ambientales. Los métodos empleados servirán como referencia para futuros proyectos en conservación, acuicultura y repoblación, proporcionando un marco analítico replicable en contextos similares.

El estudio del género *Orestias* en el departamento del Cusco es fundamental por su relevancia en la ictiofauna nativa de las lagunas altoandinas. Estas especies representan un patrimonio genético único, cuya comprensión contribuirá al conocimiento científico sobre su morfología y relación con factores ambientales. Además, los datos obtenidos permitirán iniciar la identificación y descripción formal de posibles nuevas especies, fortaleciendo el marco teórico para la conservación y manejo de estos recursos biológicos.

Esta investigación aportará información clave para la gestión y protección de los ecosistemas acuáticos altoandinos del Cusco, influyendo en decisiones sobre impacto ambiental, vedas y planes de manejo sostenible. También facilitará la creación de programas de conservación y repoblación en lagunas estudiadas o cuerpos de agua afectados, contribuyendo a su restauración.

Finalmente, el estudio promoverá estrategias para la conservación de especies nativas, fomentando un equilibrio entre el uso sostenible de recursos y la preservación de la biodiversidad. Los resultados podrán apoyar actividades económicas sostenibles como la acuicultura responsable y el ecoturismo, beneficiando a las comunidades locales y a los ecosistemas altoandinos.

OBJETIVOS

a. *Objetivo general*

1. Analizar la variabilidad morfológica del género *Orestias* y su relación con factores ambientales en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

b. Objetivos específicos

1. Determinar el peso, talla y factor de condición de poblaciones de *Orestias* en las lagunas altoandinas del departamento de Cusco.
2. Caracterizar las factores ambientales y variables morfológicas de las poblaciones de *Orestias* en las lagunas altoandinas del departamento del Cusco.
3. Analizar la correlación de los factores ambientales con las variables morfológicas en el género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco.
4. Determinar la morfometría geométrica y morfotipos del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco

CAPITULO I:

MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Antecedentes internacionales

Cruz-Jofré et al., (2014) realizaron una comparación morfológica utilizando morfometría geométrica de dos poblaciones asignadas a *Orestias agassii* del Altiplano chileno con los sintipos de Perú y Bolivia. Sugirieron que las poblaciones de Chile no corresponden a las de Perú, sin embargo, las poblaciones de Isluga (Chile) estaría relacionada con las poblaciones de Bolivia.

Scott et al., (2020) realizaron análisis morfológicos y merísticos en diez poblaciones de *Orestias* en el Altiplano sur. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las poblaciones de distintos cuerpos acuáticos. Los caracteres merísticos y morfométricos se relacionaron con las propiedades físicas y químicas de su hábitat.

Rojas et al., (2020) realizaron análisis morfológicos utilizando morfometría lineal y geométrica de ocho especies de *Orestias*, siete sureñas y una de Puno-Perú, encontraron que las medidas externas por si solas no permiten clasificar cualquiera de las especies o poblaciones, sin embargo, el análisis geométrico mostró diferencias relacionadas con las estructuras morfológicas de alimentación tales como una mandíbula protráctil separando las especies occidentales en dos grupos.

Loayza et al., (2021) realizaron el análisis y compararon la variación ecomorfológicas entre las poblaciones de *Orestias* del valle de Puina en la vertiente oriental y de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes. Se realizó un análisis MANOVA unidireccional para determinar las diferencias significativas de los atributos ecomorfológicos entre las poblaciones, como resultado se reveló diferencias ecomorfológicas significativas.

1.1.2 Antecedentes nacionales

Eigenmann & Allen, (1942) reportaron especies como *Orestias mulleri*, *O. owenii* (actualmente sinonimizada como *O. jussiei*), *O. rospigliosi*, *O. agassii*, *O. pentlandii* y *O. jussei*, en base a especímenes recolectados por la Irving Expedition (1918-1919) en localidades como el río Huatanay, las lagunas de Urcos, Languilayo, Chinchero y Huaypo. Estos autores describen longitudes corporales entre 30 y 112 mm, aunque en muchos casos la información era incompleta y los especímenes tipo no se conservaron, como fue el caso de *O. rospigliosi*.

Tchernavin, (1944) describió la especie *Orestias langui*, hoy sinónima de *O. agassii*, a partir de especímenes recolectados en el río cercano al pueblo de Langui. Sus observaciones indicaron tamaños de adultos entre 53 y 74 mm. Asimismo, propuso la subespecie *Orestias agassii oweni* (actualmente sinomizado como *Orestias agassii*) para individuos de la laguna de Urcos. Además, describió a *O. pentlandii* var. *fuscus* del valle del Cusco, reportando longitudes de hasta 158 mm.

Fowler, (1945) catalogaron sistemáticamente en la cuenca del río Vilcanota 29 especies de las cuales pertenecen a 4 órdenes, 9 familias y 16 géneros. de estas especies actualmente validas son 26 especies debido a la sinonimia de algunas especies, dentro de ellas reporta 5 especies del género *Orestias* para la región del Cusco.

Parenti, (1984) revisó el complejo *agassii* utilizando datos osteológicos y lineales, lo que permitió sinonimizar a *Orestias langui* con *O. agassii* y describir la especie *Orestias munda* con localidad tipo en Cusco (colectado en 1941), cuyos individuos adultos alcanzaban solo 45 mm. Parenti concluyó que muchas especies del complejo *agassii* no pueden diferenciarse únicamente por medidas lineales ni número de radios, destacando la necesidad de utilizar otras herramientas

como la osteología.

Reis et al., (2003) determinaron taxonómicamente a una nueva especie que consideraron endémica de la cuenca del río Vilcanota a *Corydoras weitzmanii*, del Orden Siluriforme y familia Callichthyidae y sugieren a *Orestias pentlandii fuscus* (citando el trabajo de Tchernavin) en la laguna de Chincheros-Cusco.

Sostoa et al., (2010) determinaron estudio genético de las especies ícticas nativas del lago Titicaca. caracterización y estructura poblacional utilizando morfometría lineal y ADN en la Laguna de Titicaca- Puno.

(Araya, 2024) evaluó la filogeografía de *Orestias agassii*, especie con la distribución más amplia del género. Mediante marcadores mitocondriales (D-loop y Cytb), identificó una fuerte estructuración genética en todo su rango de distribución. En el caso particular de Cusco, los resultados mostraron que las poblaciones asignadas históricamente a *O. agassii* no corresponderían a esta especie, sino que formarían al menos tres especies candidatas diferentes.

Tabla 1. Lista de especies reportadas históricamente en Cusco

Nº	ESPECIE	ESPECIE VALIDA ACTUAL (2025)	LOCALIDAD REPORTADA	LOCALIDAD TIPO	REFERENCIA
1	<i>Orestias mulleri</i>	<i>Orestias mulleri</i>	Rio Urubamba, laguna de Urcos, rio Huatanay	Lago Titicaca	<i>Eigenmann & Allen, 1942; De la Barra, 2020</i>
2	<i>Orestias owenii</i>	<i>Orestias agassii</i>	Laguna de Urcos, rio alto Urubamba, rio Huatanay	O. agassii: Corocoro – Bolivia O. owenii: laguna de Urcos	<i>Eigenmann & Allen, 1942; Fowler, 1945; Tchernavin, 1944</i>
3	<i>Orestias rospigliosii</i>	<i>Orestias agassii</i>	Rio Langui	O. agassii: Corocoro – Bolivia O. rospigliosii: Rio Langui- Cusco	<i>Eigenmann & Allen, 1942</i>
4	<i>Orestias agassii</i>	<i>Orestias agassii</i>	Laguna Huaypo,	Corocoro - Bolivia	<i>Eigenmann & Allen, 1942; Fowler, 1945</i>
5	<i>Orestias pentlandii</i> var. <i>fuscus</i>	<i>Orestias pentlandii</i>	Urubamba	Lago Titicaca	<i>(Eigenmann & Allen, 1942; Garman, 1895; Tchernavin, 1944)</i>
6	<i>Orestias jussiei</i>	<i>Orestias jussiei</i>	Lago Chinchero (Posiblemente Piuray), rio Chinchero	Lago Titicaca	<i>Eigenmann & Allen, 1942</i>
7	<i>Orestias luteus</i>	<i>Orestias lutea</i>	Ríos de Cusco	Lago Titicaca	<i>Fowler, 1945</i>
8	<i>Orestias mundus</i>	<i>Orestias munda</i>	Cusco (cuenca del Urubamba)	Cusco – rio Urubamba - Vilcanota O. agassii: Corocoro –	<i>Parenti, 1984</i>
9	<i>Orestias langui</i>	<i>Orestias agassii</i>	Rio Langui	Bolivia O. langui: Rio Langui- Cusco	<i>(Tchernavin, 1944; Parenti, 1984)</i>

1.2 BASES TEORICAS

1.2.1 Especies icticas andinas

La ictiofauna andina se considera de baja diversidad taxonómica (De la Barra et al., 2020), sin embargo, esta afirmación se refiere al número de especies reducido, Se conocen tres géneros del Altiplano y mesetas andinas: *Orestias* de la familia ciprinodontidae, así mismo *Astroblepus* y *Trichomycterus* pertenecientes al orden siluriforme. pero los estudios realizados después de la revisión de Cyprinodontiformes actualmente incluye 46 especies validas (Fricke et al., 2023) entre Chile, Perú y Bolivia.

1.2.2 Genero *Orestias* (Valenciennes, 1839)

El género *Orestias* es un grupo de peces nativos altoandinos del orden Cyprinodontiformes actualmente incluye 46 especies validas (Fricke et al., 2023), de los cuales 38 especies se encuentran distribuidas en Perú(Ortega et al., 2012), representa a especies geográficamente restringidos del género que habitan en áreas interandinas, principalmente del Perú, Bolivia y Chile, tiene al Lago Titicaca como su centro de distribución (Villwock, 1983). las principales características morfológicas del género *Orestias* son:

- La ausencia de aletas pélvicas en todas las especies descritas
- La escamación es irregular y es reducida en la mayor parte de especies, especialmente en el pecho, vientre y cuello que son desnudos totalmente o en parte.
- La línea lateral es siempre clara y algo uniforme
- Los dientes de las mandíbulas son cónicos formando mayormente más de una hilera irregular (Villwock, 1983)
- Dimorfismo sexual marcado: las espinas y los ganchos que encuentran en las escamas y los radios de las aletas de los machos maduros existen en menor número

y en menor grado en las hembras maduras (Tchernavin, 1994)

1.2.3 Lagunas altoandinas

El Perú cuenta con una gran cantidad de lagos y lagunas permanentes o temporales de diversos tamaños, especialmente en sus puntos más altos, que tienen un gran potencial para diversos usos como agricultura, energía, pesca, industrial y minería. La escasez de agua a corto plazo en gran parte del país es un factor limitante para el desarrollo del mismo, lo que ha ocasionado la intervención antrópica a muchos ríos, cambiando sus condiciones de flujo natural mediante la construcción de represas hidráulicas. Según el Inventario de Lagunas y Presas Nacionales de 1980 de la ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales, ahora INRENA), el Perú cuenta con 12.201 lagunas, de las cuales 186 están operativas y 261 son presas. En 1999, la Dirección de Medio Ambiente del Ministerio de Pesca realizó un inventario de 258 lagunas, 17 embalses, 7 lagos y presas (excluyendo embalses como ríos y arroyos) importantes para la pesca y la acuicultura. El inventario incluye mediciones y recopilación de información de agencias pesqueras regionales y subregionales sobre diversos factores bióticos, como: limnología, hidrología, ictiología, etc.(República del Perú, 2008). Sin perjuicio del cumplimiento de dichos documentos, sin embargo, aún existe demasiado por estudiar sobre la biodiversidad de las comunidades acuáticas altoandinas en especial los peces y aves que habitan en las zonas altoandinas(Luisa & Arévalo, 2005).

1.2.4 Morfometría tradicional

La morfometría tradicional se desarrolló en las décadas de 1960 y 1970, precisamente en el contexto y desarrollo de métodos cuantitativos en biología (Adams & Rohlf, 2004) Los biólogos comenzaron a utilizar con más rigor técnicas de análisis multivariante para estudiar la variación

morfológica (Pimentel, 1979), a menudo utilizando calibres para medir el volumen lineal de un organismo. Se analizó la matriz de datos resultante utilizando técnicas de datos multivariados, como el análisis de componentes principales o el análisis canónico de varianza. Las aplicaciones comunes incluyen el examen de patrones de variación morfológica entre especies, la comparación de la magnitud de la variación morfológica entre comunidades, estudios alométricos, dimorfismo sexual, etc.(Aguirre & Jiménez Prado, 2018a). Debido a que las medidas lineales de uso común están fuertemente relacionadas con el tamaño de la muestra, se ha dedicado un esfuerzo considerable al desarrollo de métodos para tener en cuenta las diferencias de tamaño entre las muestras (Adams et al., 2004).

1.2.5 Morfometría geométrica

La aplicación de estadísticas multivariantes al estudio de la covariación de forma y sus relaciones causales ha dado un gran paso adelante mediante el uso de datos multidimensionales para capturar la geometría de las estructuras objetivo. Esto significa que la forma del objeto estudiado no se describe por su tamaño, sino por las relaciones espaciales entre sus partes. Se puede recuperar información sobre la geometría de los objetos, lo que permite la visualización de cambios morfológicos. Si consideramos la utilidad de los resultados de aplicar estos análisis en comparación con los obtenidos por la morfología convencional, es posible describir, por ejemplo, cómo cambia la forma de las estructuras en las diferentes etapas de la vida, dónde se ubican estos cambios en la región y por qué se pueden visualizar (Aguirre & Jiménez Prado, 2018a). La morfología convencional, por otro lado, puede decirnos si las variables que caracterizan la forma de la estructura bajo estudio difieren en diferentes etapas y, si se analiza lo suficiente, en qué regiones específicas ocurren estas diferencias. También marca la diferencia cuando consideramos el diseño experimental en el caso de trabajos estadísticos

univariantes, donde las variables deben definirse a priori, mientras que la morfología geométrica deriva de las estadísticas multivariantes de los datos geométricos, que también nos pueden informar estadísticamente post hoc. y visualmente en qué área. si la estructura se ve afectada por el factor relevante y cómo se ve afectado. Por ello, el análisis morfológico geométrico permite la interpretación de diferencias con alta significación biológica entre individuos, poblaciones, etc.(Toro Ibacache et al., 2010).

1.3 BASES CONCEPTUALES

Procrustes: El análisis de Procrustes es un procedimiento estadístico que se emplea para evaluar y alinear distintas formas geométricas. Mediante transformaciones que incluyen escalado, rotación y traslación, se busca reducir al mínimo las diferencias entre las formas a comparar, lo que permite una evaluación precisa independientemente de su tamaño u orientación. Esta técnica es común en biología, especialmente para comparar diferentes estructuras anatómicas, y también se usa en visión computacional para reconocer objetos. Se fundamenta en la minimización de las diferencias cuadráticas entre las formas mediante el método de los mínimos cuadrados(Bookstein, 1997).

Morfología: La morfología es una disciplina biológica que se enfoca en el estudio de la forma y estructura de los organismos. En el contexto de la morfometría geométrica, este concepto adquiere relevancia, ya que se utiliza para cuantificar y analizar las variaciones en la forma de los organismos mediante herramientas matemáticas y estadísticas (Bookstein, 1991).

Alometría: La alometría se refiere al estudio de cómo las proporciones de diferentes partes de un organismo cambian a medida que crece. Este fenómeno es esencial para entender las variaciones biológicas y fisiológicas en función del tamaño corporal (Aguirre & Jiménez Prado, 2018b).

CAPITULO II:

AREA DE ESTUDIO

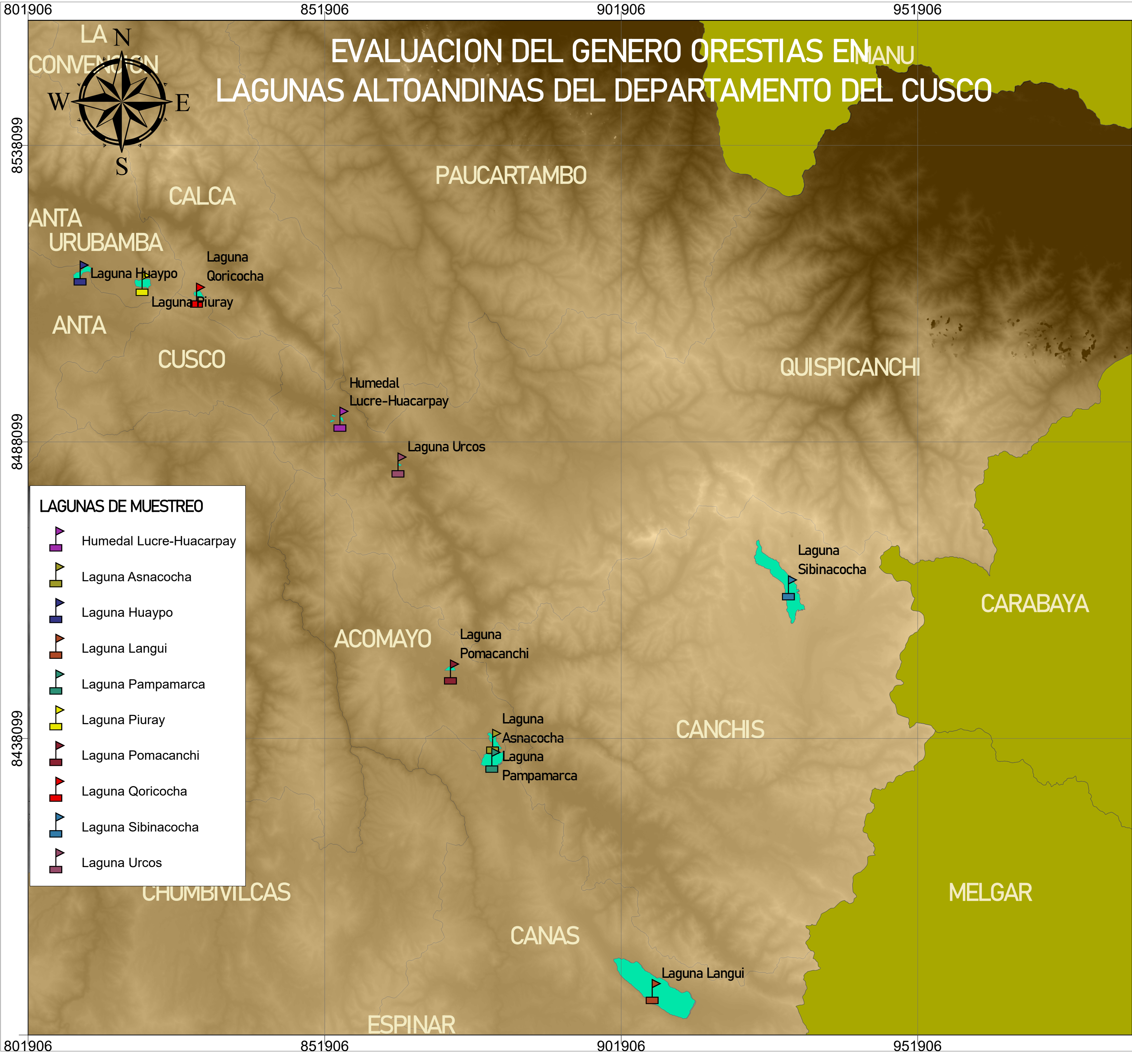
2.1 Localización Política y geográfica

El presente estudio se realizó en 10 lagunas altoandinas distribuidas en el departamento del Cusco, se presenta la tabla de la ubicación política y geográfica de cada una:

Tabla 2. *Ubicación de lagunas altoandinas evaluadas*

Nº	PUNTOS DE MONITOREO (COORDENADAS UTM) ZONA L			NOMBRE DEL CUERPO DE AGUA	ALTITUD (msnm)	UBICACIÓN POLITICA		
	ESTE	NORTE	ZONA UTM			DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
1	811222	8516443	18L	LAGUNA DE HUAYPO	3513	MARAS/ CHINCHERO/ A NTA	URUBAMBA	CUSCO
2	821303	8514819	18L	LAGUNA PIURAY	3693	CHINCHERO	URUBAMBA	CUSCO
3	205448	8492712	19L	HUMEDAL LUCRE- HUACARPAY	3078	LUCRE	QUISPICANC HI	CUSCO
4	215428	8485223	19L	LAGUNA URCOS	3161	URCOS	QUISPICANC HI	CUSCO
5	260492	8397667	19L	LAGUNA LANGUI-LAYO	3950	LANGUI/LAYO	CANAS	CUSCO
6	281685	8466195	19L	LAGUNA SIBINACocha	4890	CHECACUPE/ PITUMARCA	CANCHIS	CUSCO
7	232476	8435899	19L	LAGUNA PAMPAMARCA	3784	TUPAC AMARU	ACOMAYO	CUSCO
8	225145	8450581	19L	LAGUNA POMACANCHI	3660	ACOPIA	ACOMAYO	CUSCO
9	232532	8439097	19L	LAGUNA ASNACocha	3760	MOSOC LLACTA	ACOMAYO	CUSCO
10	180776	8513003	19L	LAGUNA QORICOCHA O CCOROJOCHA	4051	COYA	CALCA	CUSCO

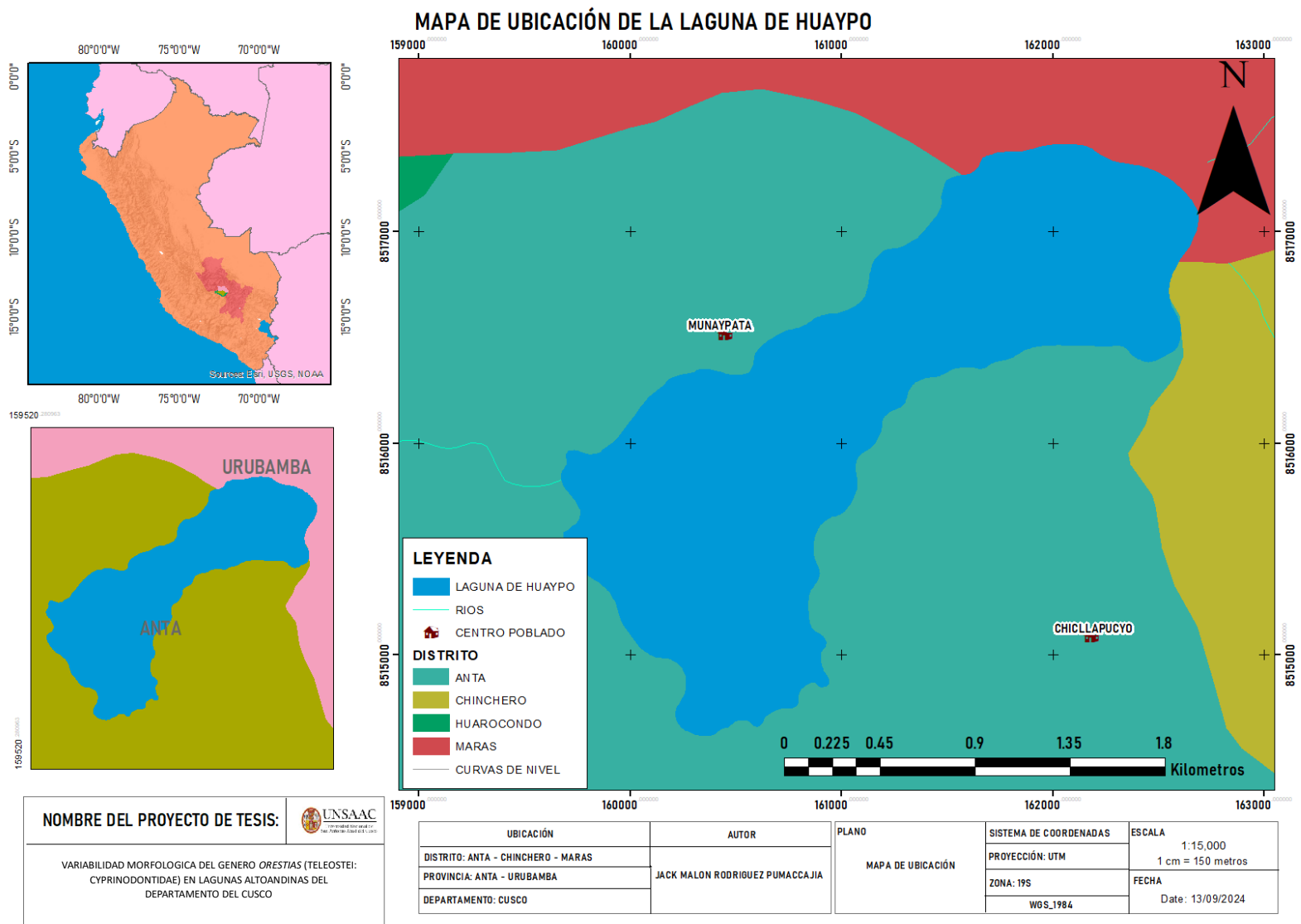
El área de estudio este compuesto por lagunas altoandinas, incluyendo al humedal Ramsar de Lucre -Huacarpay, ubicados en las provincias de Urubamba, Quispicanchi, Canas, Canchis, Acomayo y Cusco en el departamento del Cusco, distribuidas entre 3000 msnm hasta los 4890 msnm.



2.1.1 Laguna de Huaypo

La laguna de Huaypo está ubicada entre los distritos de Maras, Chinchero y Anta, en las provincias de Urubamba y Anta, departamento del Cusco, a una altitud de 3513 m s. n. m. Presenta un área de espejo de agua de aproximadamente 312 hectáreas. En sus alrededores se encuentran los centros poblados de Munaypata y Chichllapucyo. En la laguna se desarrollan actividades de acuicultura, principalmente de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) mediante jaulas flotantes, así como ecoturismo y pesca deportiva de pejerrey.

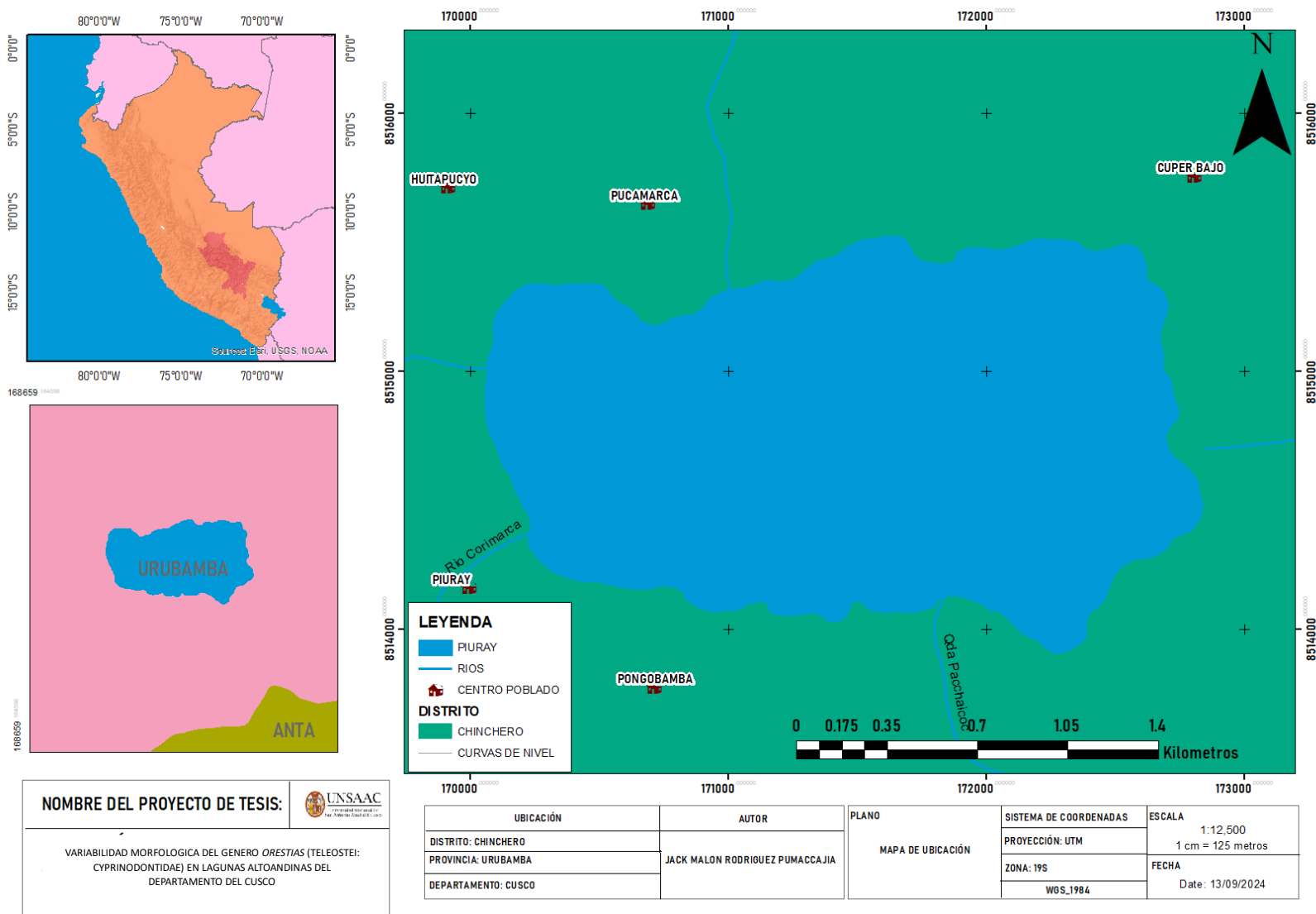
Figura 2. Mapa de ubicación de la Laguna de Huaypo



2.1.2 Laguna de Piuray

La laguna de Piuray está ubicada en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, departamento del Cusco, a una altitud de 3693 msnm. Cuenta con un área de espejo de aproximadamente 333 hectáreas. En sus alrededores se encuentran los centros poblados de Pucamarca, Cuper Bajo, Piuray y Pongobamba. Esta laguna es una de las más importantes, ya que aporta al abastecimiento de agua para la ciudad del Cusco; sin embargo, presenta introducción de trucha.

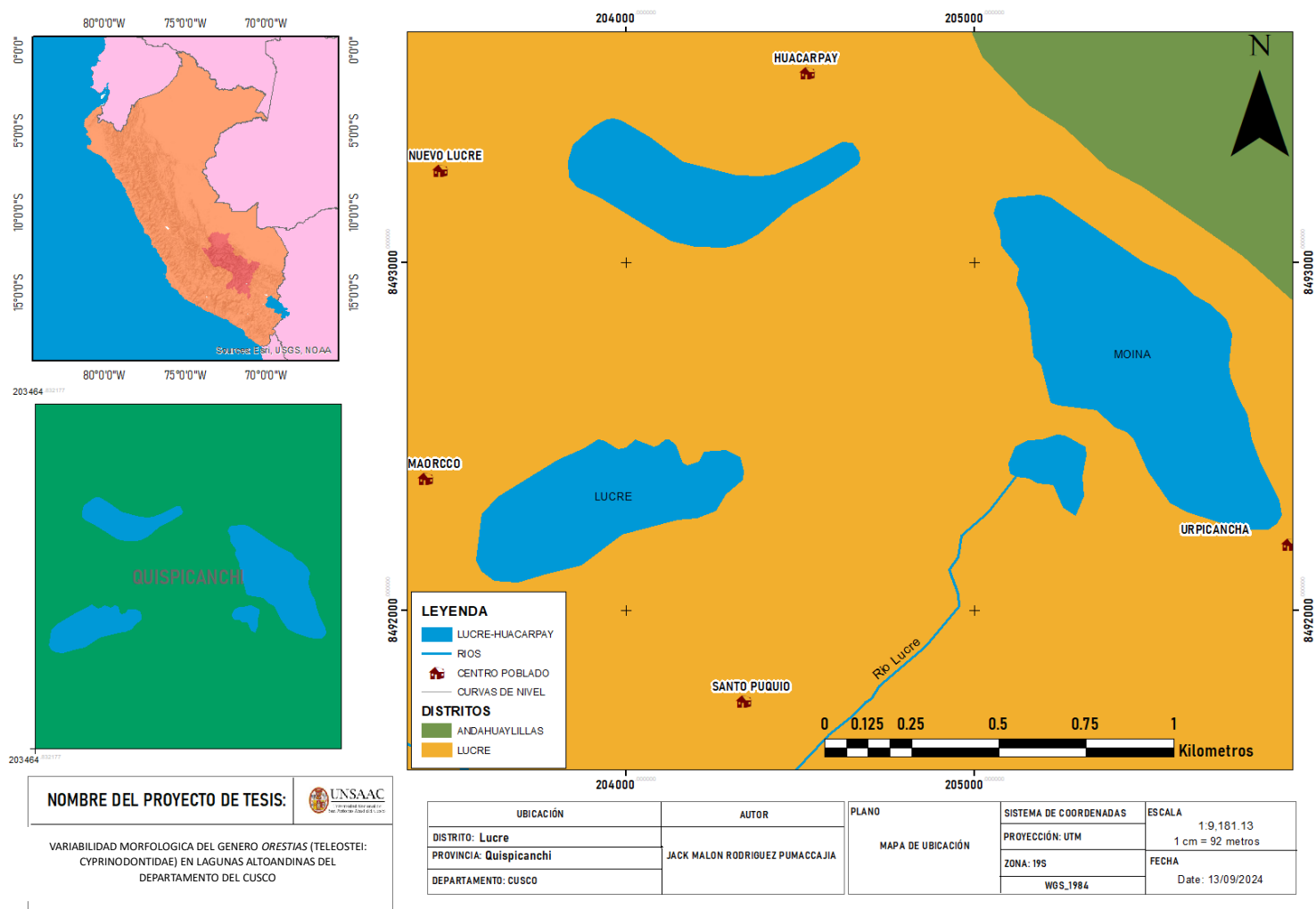
Figura 3. Mapa de ubicación de la Laguna de Piuray



2.1.3 Humedal Lucre-Huacarpay

El humedal de Lucre- Huacarpay se encuentra ubicado en el distrito Huacarpay y Lucre en la provincia de Quispicanchi del departamento de Cusco a una altitud de 3078 msnm, se encuentran los centros poblados de Huacarpay, Nuevo Lucre, Urpicancha y Maorecco. Es de la más importante biológicamente al estar considerado como humedal RAMSAR; sin embargo, presenta introducción de especies exóticas como carpa y pejerrey. Se tiene reportes históricos de la presencia de pequeñas poblaciones de *Orestias* y *Trichomycterus*.

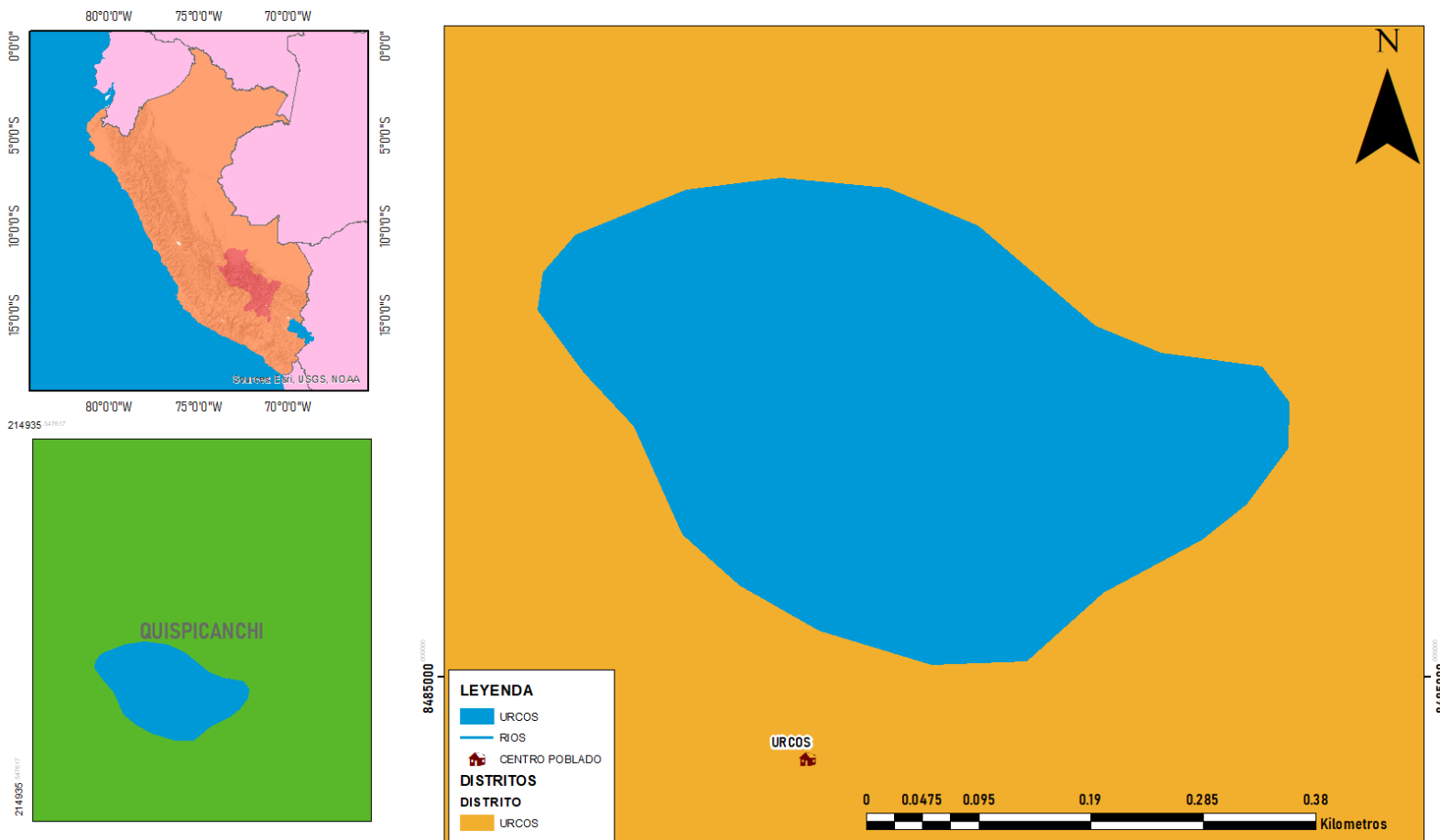
Figura 4. Mapa de ubicación del humedal Lucre-Huacarpay



2.1.4 Laguna Urcos

La laguna de Urcos se encuentra ubicada en el distrito de Urcos en la provincia de Quispicanchi del departamento de Cusco a una altitud de 3161 msnm, presenta 17 ha aproximadamente de área de espejo. Se encuentra el centro poblado de Urcos. Es una laguna que presenta introducción de especies exóticas como carpa y pejerrey, se tiene reportes históricos de la presencia de las especies nativas de *Trichomycterus* y *Orestias*.

Figura 5. *Mapa de ubicación de Urcos*



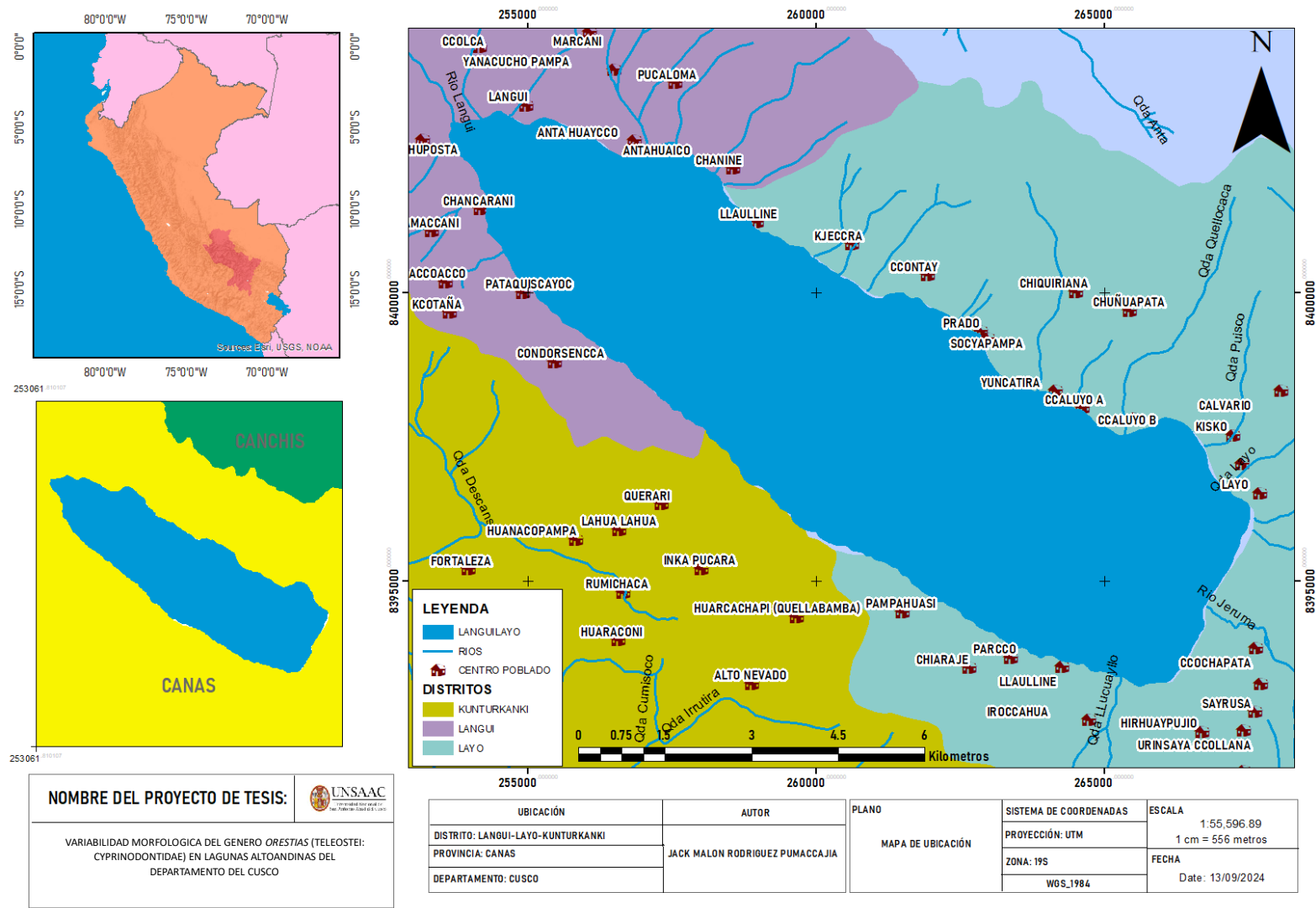
NOMBRE DEL PROYECTO DE TESIS:	 UNSAAC UNIVERSIDAD NACIONAL SANTA ANA DE CAYMA CAYMA - TACNA - PERÚ
VARIABILIDAD MORFOLOGICA DEL GENERO <i>ORESTIAS</i> (TELEOSTEI: CYPRINODONTIDAE) EN LAGUNAS ALTOANDINAS DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO	

UBICACIÓN	AUTOR	PLANO MAPA DE UBICACIÓN	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
DISTRITO: URCOS	JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA		PROYECCIÓN: UTM	1:3,000 1 cm = 30 metros
PROVINCIA: QUISPICANCHIS			ZONA: 19S	FECHA
DEPARTAMENTO: CUSCO			WGS.1984	Date: 13/09/2024

2.1.5 Laguna Languilayo

La laguna de Langui-Layo está ubicada entre los distritos de Langui, Layo y Kunturkanki, en la provincia de Canas, departamento del Cusco, a una altitud de 3950 msnm. Cuenta con aproximadamente 5,481 hectáreas de área de espejo. Actualmente, se realiza la crianza tecnificada de truchas en jaulas, aunque anteriormente esta actividad se desarrollaba de manera artesanal. La trucha fue introducida en esta laguna, y se tiene registro de la presencia del género *Orestias* en sus aguas.

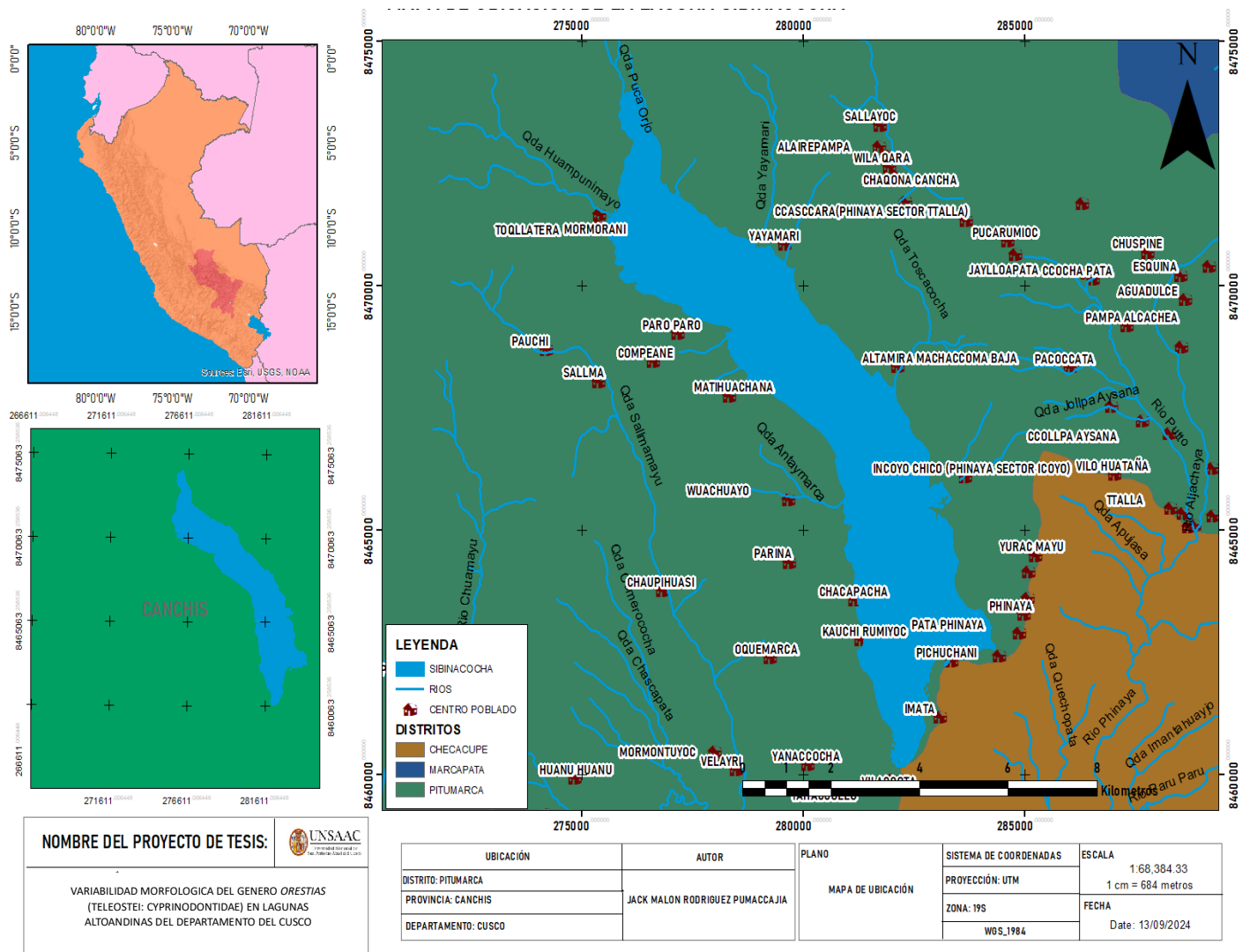
Figura 6. Mapa de ubicación de la laguna Languilayo



2.1.6 Laguna Sibinacocha

La laguna de Sibinacocha está ubicada entre los distritos de Checacupe y Pitumarca, en la provincia de Canchis, departamento del Cusco, a una altitud de 4890 msnm. En sus alrededores se encuentran más de trece centros poblados. Cuenta con un área de espejo de aproximadamente 2820 hectáreas. Es una laguna altoandina de gran extensión y baja productividad. Además, se ha reportado la introducción de trucha en sus aguas.

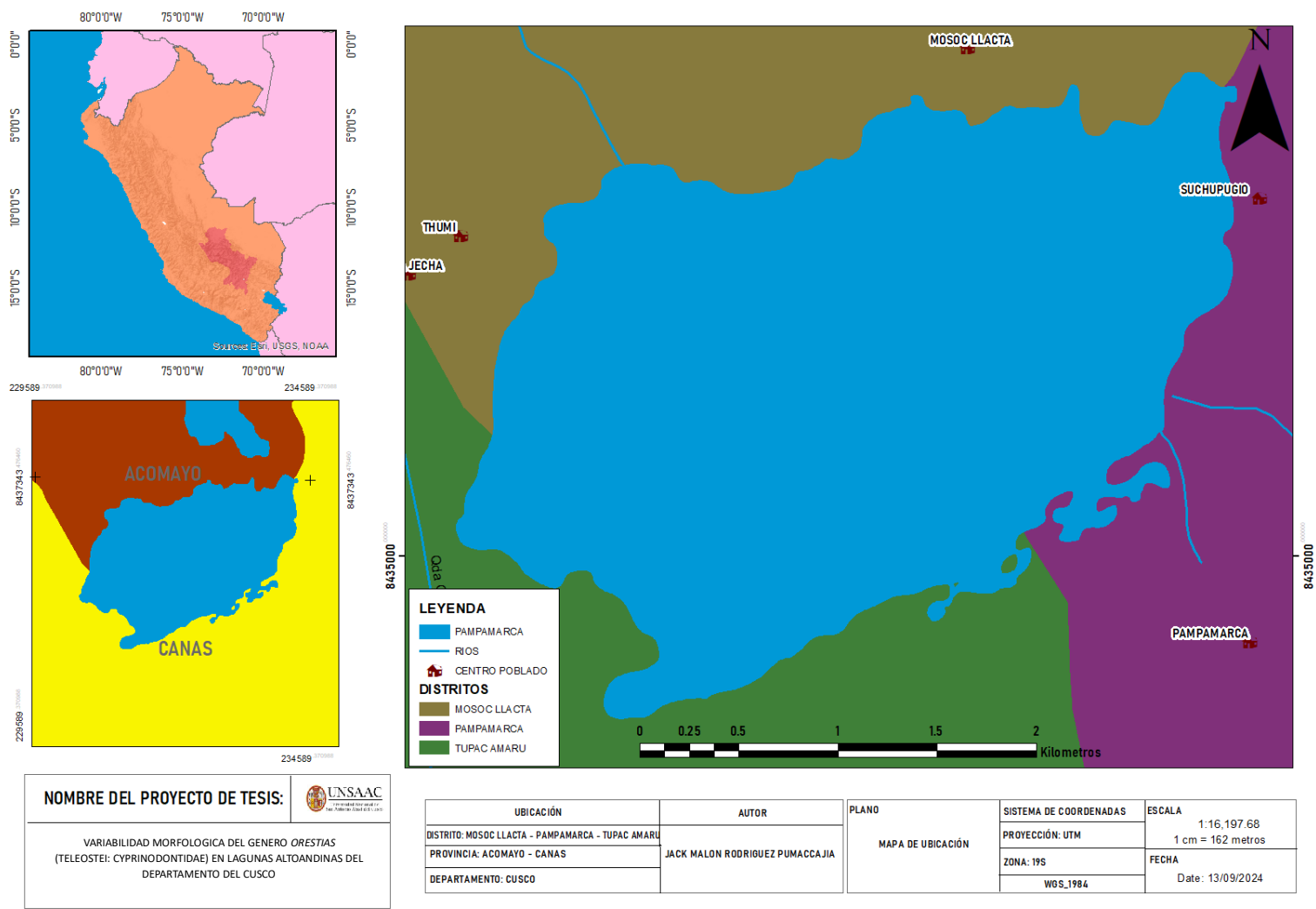
Figura 7. *Mapa de ubicación de la laguna de Sibinacocha*



2.1.7 Laguna Pampamarca

La laguna de Pampamarca se encuentra entre los distritos: Tupac Amaru, Mosoc Llacta y Pampamarca y entre las provincias de Acomayo y Canas, departamento del Cusco, a una altitud de 3784 msnm. En sus alrededores se ubican los centros poblados de Mosoc Llacta, Thumi, Suchupugio, Jecha y Pampamarca. Cuenta con un área de espejo de aproximadamente 793 hectáreas. Esta laguna altoandina forma parte del circuito de cuatro lagunas y es escenario de actividades de ecoturismo, así como de la crianza de truchas en jaulas flotantes.

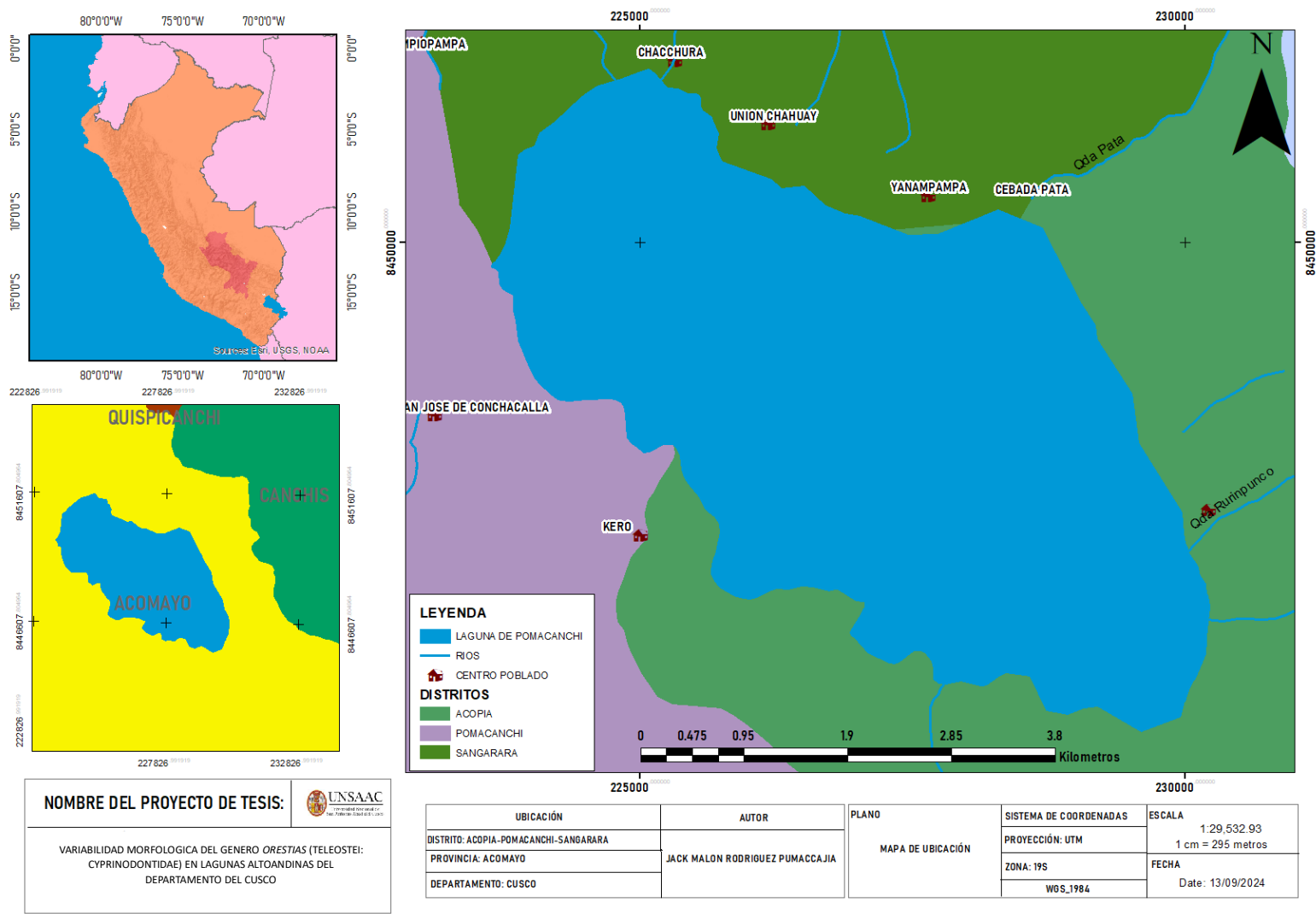
Figura 8. Mapa de ubicación de la laguna de Pampamarca



2.1.8 Laguna Pomacanchi

La laguna de Pomacanchi está ubicada en los distritos de Acopía, Pomacanchi y Sangarará, en la provincia de Acomayo, departamento del Cusco, a una altitud de 3660 msnm. Cuenta con un área de espejo de aproximadamente 93 hectáreas. Se ha reportado la introducción de pejerrey y carpa; sin embargo, la laguna aún mantiene poblaciones naturales de *Orestias* y *Trichomycterus*.

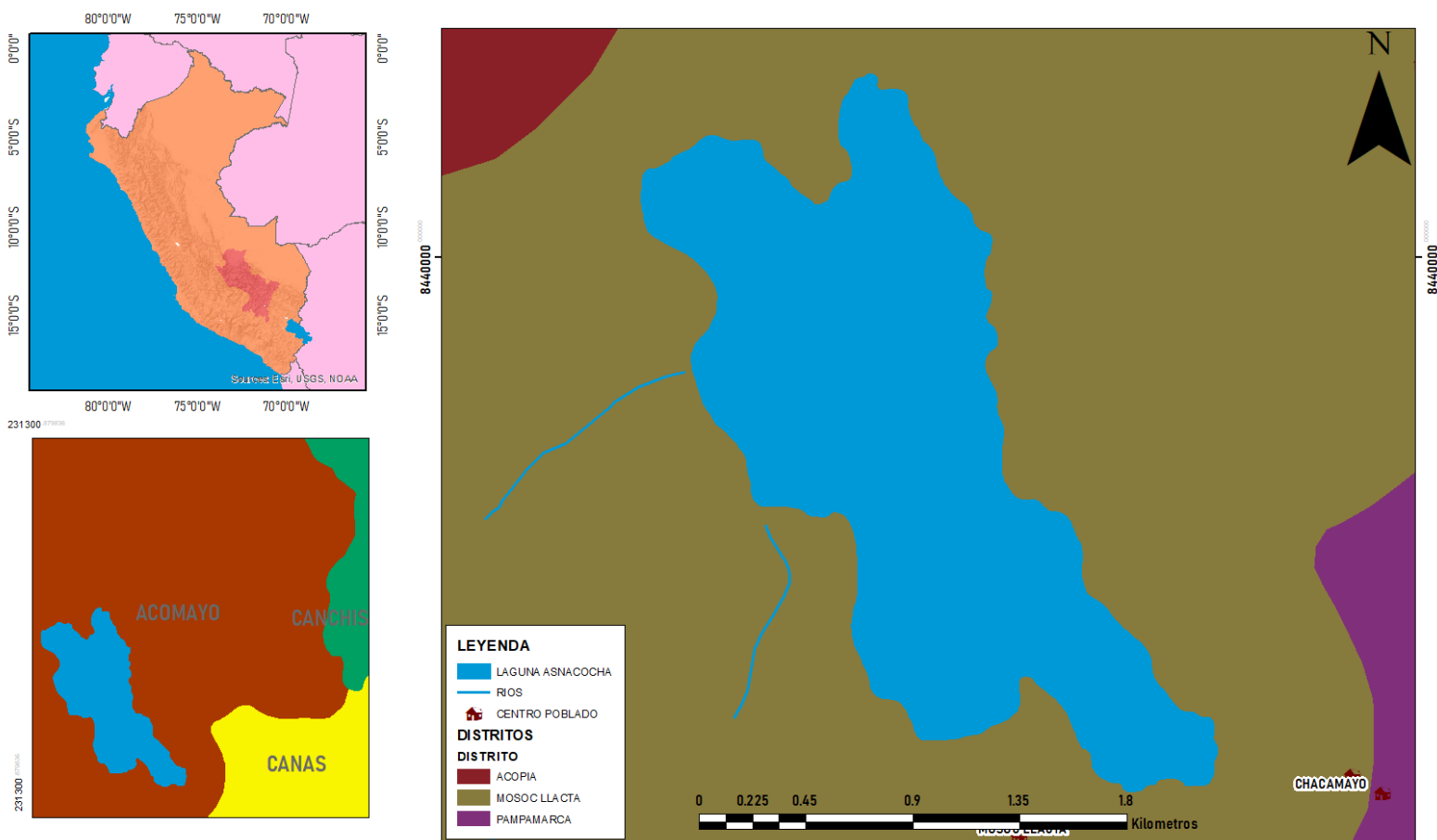
Figura 9. Mapa de ubicación de la laguna de Pomacanchi



2.1.9 Laguna Asnacochoa

La laguna de Asnacochoa está ubicada en el distrito de Mosoc Llacta, provincia de Acomayo, departamento del Cusco, a una altitud de 3760 msnm. Cuenta con un área de espejo de aproximadamente 297 hectáreas. En sus cercanías se encuentra el centro poblado de Chacamayo. Se ha reportado la introducción de pejerrey.

Figura 10. Mapa de ubicación de la laguna Asnacochoa



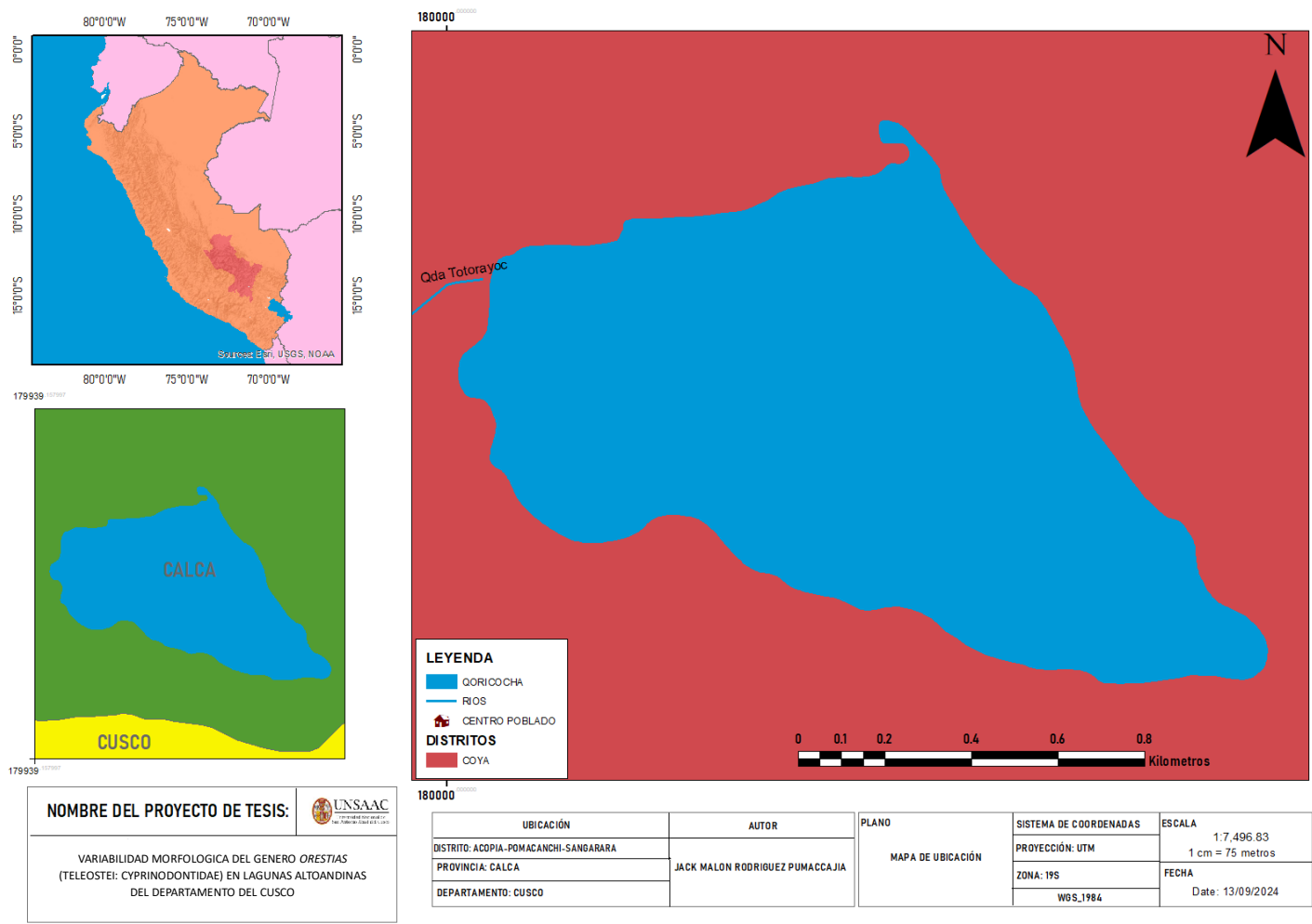
NOMBRE DEL PROYECTO DE TESIS:	
EVALUACIÓN DEL GÉNERO <i>ORESTIAS</i> (CIPRINODONTIDAE) EN LAGUNAS ALTOANDINAS DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO	

UBICACIÓN	AUTOR	PLANO	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
DISTRITO: MOSOC LLACTA	JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA	MAPA DE UBICACIÓN	PROYECCIÓN: UTM	1:14,830.26
PROVINCIA: ACOMAYO			ZONA: 19S	1 cm = 148 metros
DEPARTAMENTO: CUSCO			WGS_1984	FECHA Date: 13/09/2024

2.1.10 Laguna Qoricocha

La laguna de Qoricocha está ubicada en el distrito de Coya, provincia de Calca, departamento del Cusco, a una altitud de 4051 msnm. Cuenta con un área de espejo de aproximadamente 127 hectáreas. Está rodeada de montañas y se ha reportado la introducción de trucha y pejerrey en sus aguas.

Figura 11. Mapa de ubicación de la laguna Qoricocha



CAPITULO III:

MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES

MATERIALES BIOLOGICOS:

- Individuos del género *Orestias* de 8 laguna altoandinas del departamento del Cusco

MATERIALES DE CAMPO:

- 1 red de espera (agalladera) de 20m de largo x 2m de ancho con cocadas de 2 ¼ Pulgadas
- 1 red de lance de 5g con cocadas de 2 ¼ Pulgadas
- Equipo multiparámetro AZ- 86031
- Motor eléctrico de 1.5 hp
- 1 bote inflable mariner 4 Intex
- 2 chalecos salvavidas
- 1 traje wader
- Acuario
- Cámara fotográfica
- 1 balanza
- 10 botellas de alcohol de 96°
- 1 caja de guantes de vinilo
- 2 paquetes de pañal gasa
- 1 caja de lápices
- 1 cuaderno de campo

- 10 taperes con tapa hermética 2L
- paquetes de bolsas de plástico Ziploc de 40 cm x 30 cm.

MATERIALES DE GABINETE:

- 1 vernier digital
- 2 pinzas de punta fina
- 1 estereoscopio
- 1 cámara fotográfica
- 1 regla
- Programas TPSutil®, TPSdig®, Morphoj®, SPSS®, Phyton®, Excel y R®
- 10 botellas de alcohol 96°
- 1 bandeja

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Unidad de Análisis

Individuos del género *Orestias* y lagunas del departamento del Cusco

3.2.2 Población de estudio

Todos los individuos del género *Orestias* distribuidas en lagunas altoandinas consideradas en el presente proyecto de tesis.

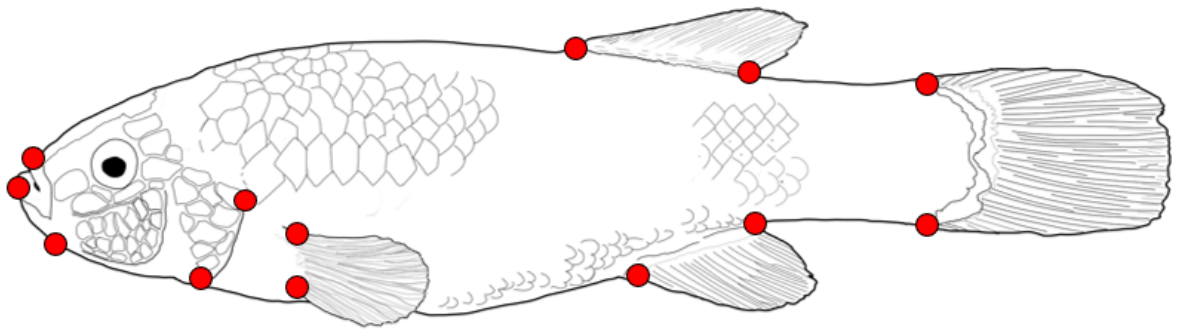
3.2.3 Tamaño de muestra

Se analizo 110 individuos de 8 lagunas del presente estudio, sin poder hallarse en las lagunas de Urcos y Asnacochoa. Se utilizo un mínimo de 5 individuos adultos para el análisis e identificación de morfotipos por cada laguna altoandina considerada en el presente proyecto de tesis.

debido a que mientras más hitos (landmarks) se use, más especímenes se necesitarán para realizar

pruebas estadísticas sobre los datos generados porque idealmente se debe tener el doble de especímenes que landmarks (Aguirre & Jiménez Prado, 2018a) , en el presente proyecto se analizó 15 landmarks (Cruz-Jofré et al., 2014).

Figura 12. Landmarks utilizados para los análisis de morfometría geométrica



Propuestos por Cruz-Jofré et al., (2014).

Tabla 3. Lista de individuos capturados

Nº	Cuerpo acuático	Individuos capturados
1	Laguna de Qoricocha	29
2	Laguna Languilayo	25
3	Laguna de Piuray	19
4	Lucre-Huacarpay	10
5	Laguna de Sibinacocha	6
6	Laguna de Huaypo	6
7	Laguna de Pampamarca	9
8	Laguna de Pomacanchi	6

3.3 Técnicas de levantamiento de información

El presente proyecto de tesis cuenta con un permiso de colecta autorizado por PRODUCE emitido con la Resolución directoral N.º 00676-2022-PRODUCE/DGPCHDI, el presente proyecto

fue revisado de manera exhaustiva para obtener dicha autorización.

3.3.1 Selección de puntos de muestreo

Se estableció tener puntos de muestreo en la parte inicial, media y final del área superficial de las lagunas, cada sector tendrá 1 punto, teniendo en total 3 puntos establecidos en cada laguna, es decir en cada punto se colocará la 3 agalladera y dos nasas durante 24h hora esfuerzo, hasta culminar.

Los criterios utilizados para selección los puntos de muestreo serán la CCAesibilidad de la zona, la vegetación sumergida presente, la forma de la cubeta de la laguna altoandina, posteriormente se complementó la colecta con red CalCal y atarraya con un esfuerzo de 3 lances por sector, adicionalmente se hará uso de lineales para obtener la mayor cantidad de morfotipos presentes.

3.3.2 Captura de especímenes del género *Orestias*

La metodología de la colecta para peces se basó en el protocolo establecido por el para la colecta de recursos hidrobiológicos en su publicación “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas” (Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Museo de Historia Natural -Departamentos de Limnología e Ictiología & MINAM, 2014).

3.3.3 Captura de los peces con Red agalladera:

La presente investigación hizo uso de una agalladera de 100 metros de longitud de un $\frac{1}{4}$ de cocada y 3 metros de altura el protocolo es el siguiente:

Se instalan en las áreas elegidas en diferentes posiciones para aumentar la eficiencia de pesca. En general, se pueden situar algunas unidades perpendiculares a la orilla, otras paralelas. Transcurrido el tiempo de captura que será de 24h se procede a extraer los peces de las redes para su posterior identificación, recuento y mediciones biométricas y complementariamente se utilizó

Calcal.

3.3.4 Captura de los peces con Nasa o trampa:

Las redes nasas pueden tener varios compartimentos que impidan el regreso de los peces capturados, son de forma octogonal tradicionalmente. Este tipo de red suele mantenerse unas 24 horas, en caso de mantenerlas durante un mayor periodo se deben revisar periódicamente para extraer las capturas, estas tienen aberturas por las cuales ingresan los peces pero que no les permiten salir, los especímenes son atraídos por cebos u otros atrayentes.

la Nasa o trampa que se utilizó en el presente proyecto de tesis es de 6 compartimientos, con una medida de 60x24 cm.

Tabla 4. *Esfuerzo de muestreo*

Comunidades acuáticas/Recursos Hidrobiológicos	Unidad de muestreo, red, material o equipo empleado para la colecta	Número de estaciones de monitoreo por laguna	Tiempo de muestreo	Esfuerzo de Muestreo (Número de Replicas)
Necton (Peces)	RED AGALLADERA	3	24 horas	1
Necton (Peces)	RED TRAMPERA O NASA	6	24 horas	1
Necton (Peces)	RED ATARRAYA	3	30 min	3

3.3.5 Preservación de la muestra:

Las muestras colectadas fueron fotografiadas en fresco, utilizando acuarios o directamente sobre una superficie plana con una escala de medida como referencia. Los peces fueron anestesiados con Eugenol al 10%, luego se tomaron datos biométricos, se contaron, midieron y pesaron, y posteriormente se separaron para ser preservados de manera adecuada, evitando su deformación para realizar la morfometría geométrica. Otros individuos fueron fijados en formol al 10% para ser depositados en museos. Estos peces ya fijados se colocaron en táperes de 20x20 cm

y las muestras fueron empaquetadas en una gasa médica de 30x40 cm, una vez enjuagados en etanol al 90%.(Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Museo de Historia Natural - Departamentos de Limnología e Ictiología & MINAM, 2014).

3.3.6 Rotulado de la muestra:

Todas las muestras fueron etiquetadas incluyendo la cuenca, datos de localidad, fecha, tipo de sustrato y colector, para facilitar su identificación, utilizando un papel especial resistente al alcohol etílico, el cual fue introducido en el contenedor junto con la muestra. Asimismo, todos los datos de campo quedaron registrados y codificados en una libreta de campo. Finalmente, cada contenedor de muestra fue cerrado herméticamente con cinta adhesiva para su transporte al laboratorio. (Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Museo de Historia Natural -Departamentos de Limnología e Ictiología & MINAM, 2014).

3.4 Determinación de peso, talla y factor de condición:

Todas las muestras fueron procesadas y medidas con ayuda de un vernier, se tomó la longitud total (desde la punta del hocico hasta la punta de la aleta caudal), y para la medición del peso se hará uso de una balanza electrónica calibrada, todos estos datos serán procesados en tablas Excel y se realizara el análisis con ayuda del programa SPSS y R.

3.4.1 Análisis de correlación general para las variables de longitud y peso del género

Orestias

Test de Kruskal- Wallis

Para evaluar las diferencias en las variables de peso y talla entre las distintas localidades, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Previamente, los datos fueron ordenados y asignados en rangos. Posteriormente, se calcularon las sumas de rangos para cada grupo (laguna), y a partir de estas se estimó el estadístico H de Kruskal-Wallis. El nivel de significancia se fijó en $\alpha = 0.05$. Cuando se detectaron diferencias significativas globales. (Kruskal & Wallis, 1952).

Análisis de regresión alométrica

Para evaluar la relación entre el peso corporal y la longitud total de los individuos del género *Orestias*, se realizó un análisis de regresión alométrica utilizando un modelo de potencia, el cual fue ajustado mediante el método de mínimos cuadrados:

$$W = A * L^b$$

donde W representa el peso corporal (en gramos) y L la longitud total (en milímetros), de acuerdo con Da Costa y Araújo (Costa & Araújo, 2003). Este tipo de análisis permite identificar el patrón de crecimiento de los peces. Un valor del exponente b igual a 3 indica un crecimiento isométrico, es decir, que el peso y la longitud aumentan proporcionalmente. En cambio, valores de b significativamente diferentes de 3 revelan un crecimiento alométrico (Bagenal & Tesch, 1978): un $b > 3$ indica alometría positiva (los individuos aumentan más en peso que en longitud) y un $b < 3$ sugiere alometría negativa (la longitud aumenta más que el peso). Se considera generalmente que el crecimiento es isométrico cuando b encuentra dentro del rango de 2.5 a 3.5.

3.4.2 Analisis de factor de condición del género *Orestias en lagunas altoandinas*

El Factor de Condición de Fulton (FC) es una medida que permite evaluar el estado físico o bienestar de un organismo en función de su tamaño y peso. Este índice es ampliamente utilizado en ecología y biología para determinar la condición corporal de los peces, ya que refleja la relación entre el peso y la longitud total de un individuo. A diferencia de otros índices, el FC supone como las reservas energéticas de un pez se distribuyen en su cuerpo, permitiendo identificar peces en mejor o peor estado corporal (Froese, 2006).

El FC se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{100000 \times \text{Peso}(g)}{(\text{Longitud Total}(mm))^3}$$

donde:

- Peso (g) es el peso total del pez, medido en gramos.
- Longitud Total (mm) es la longitud total del pez, medida en milímetros.

El valor del FC puede variar dependiendo de varios factores, como la dieta, la actividad física, las condiciones ambientales, o la genética de la población. Un valor elevado de FC indica que un pez tiene una buena condición corporal, con un adecuado nivel de reservas energéticas, mientras que valores bajos pueden sugerir que el pez se encuentra en una condición física inferior, posiblemente debido a estrés o falta de recursos.

En este estudio, se utilizó el FC para comparar las poblaciones del género *Orestias* en diferentes lagunas altoandinas del departamento del Cusco, con el fin de evaluar cómo las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos afectan el estado físico de los peces.

3.5 Caracterización de factores ambientales y variables morfológicas del género

***Orestias* en lagunas altoandinas:**

a. Obtención del Nivel Altitudinal de las Lagunas:

- Se utilizó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de alta precisión para registrar las coordenadas geográficas (latitud, longitud y altitud) de cada laguna altoandina en el departamento del Cusco, datos que fueron tomados in situ.
- Se emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG) para visualizar y analizar la distribución altitudinal de las lagunas, lo que permitió identificar patrones y relaciones altitudinales.

b. Medición de Parámetros Fisicoquímicos en las Lagunas:

- Se utilizó un multiparámetro previamente calibrado, que incluyó sensores para medir temperatura, pH, conductividad, salinidad, sólidos totales disueltos (STD) y oxígeno disuelto (OD) en cada laguna.
- El multiparámetro fue calibrado antes de cada jornada de medición empleando soluciones estándar, con el fin de garantizar la precisión y confiabilidad de los registros.
- En cada punto de muestreo, el multiparámetro fue sumergido en el agua hasta alcanzar una profundidad de 60 cm del hábitat acuático. Se permitió que los sensores se estabilizaran antes de registrar las mediciones, las cuales fueron realizadas en tres repeticiones para obtener resultados más confiables.

El protocolo se basó en el protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (ANA, 2016).

c. Determinación de características morfológicas

Consistió en la revisión de los especímenes haciendo uso de un protocolo para las 28 medidas morfológicas por individuo utilizando microscopio estereoscópico. La identificación fue realizada por el tesista en las instalaciones del MUBI y las muestras se depositaron en un museo de la ciudad del Cusco:

- Museo de la Biodiversidad del Perú (MUBI).
- Para el análisis, se elaboró una base de datos en Excel, luego, con el uso del programa PyCharm, se procesaron los datos. Asimismo, el análisis estadístico fue realizado mediante distintas librerías de Python.

3.5.1 Análisis de discriminante lineal (LDA) para las variables morfológicas del género

Orestias

El análisis discriminante lineal (LDA) es una técnica estadística utilizada para clasificar observaciones en grupos ya establecidos y determinar qué variables influyen más en la diferenciación entre estos grupos. Su principal objetivo es construir combinaciones lineales de las variables predictoras que permitan maximizar la separación entre las categorías, logrando que la variación dentro de cada grupo sea mínima mientras que la variación entre los grupos sea máxima. Estas combinaciones reciben el nombre de funciones discriminantes.

El LDA se basa en ciertas suposiciones, como que las variables predictoras tienen una distribución normal multivariante dentro de cada grupo y que las matrices de covarianza son iguales entre los grupos. Estas condiciones permiten desarrollar un modelo que no solo explica cómo se diferencian los grupos, sino que también clasifica nuevas observaciones en el grupo más probable de acuerdo con sus características (FISHER, 1936).

Además de ser una herramienta eficaz para la clasificación, el LDA también ayuda a

reducir la dimensionalidad de los datos, proyectándolos en un espacio de menor dimensión donde la separación entre grupos se hace más evidente (FISHER, 1936).

3.6 Análisis de correspondencia canónica (CCA) para las variables ecológicas y su relación con la morfología del género *Orestias*

Según ter Braak, (1986) El análisis de correspondencia canónica (CCA) es una técnica estadística multivariada que combina elementos del análisis de correspondencia y la regresión lineal. Esta metodología resulta útil para analizar y describir las relaciones entre dos grupos de variables: uno que representa las respuestas dependientes (como la distribución de especies o características biológicas) y otro que incluye los factores independientes como factores ambientales.

El principal objetivo del CCA es identificar patrones en las variables de respuesta que puedan ser explicados por las variables predictoras. En este análisis, las variables dependientes se proyectan en un espacio definido por las variables independientes, lo que facilita interpretar cómo los sitios o individuos están influenciados por estas últimas y cómo afectan a las respuestas observadas.

3.7 Determinación de la morfometría geométrica y morfotipos de las poblaciones de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

a. Obtención de las fotografías de los individuos:

- Se utilizó los individuos previamente colectados y fijados en alcohol al 96%
- Se utilizaron alfileres para marcar los landmark establecidos que fueron 15 por individuo en total 110 peces del género *Orestias*

- Los individuos se fotografiaron siempre hacia la derecha al lado de una escala de 1cm

b. Colocación de Landmarks

- Se hizo uso del programa TPS útil para generar el archivo TPS en la carpeta de las fotografías de los individuos
- Se colocó los landmarks con el uso del programa MorphoJ, 15 para cada individuo en 110 individuos del género *Orestias*
- Se generó un archivo TPS con las coordenadas de los landmarks de todos los individuos

3.7.1 Análisis para morfometría geométrica en individuos del género *Orestias*

Análisis de Componentes Principales (PCA)

Es un método exploratorio ampliamente utilizado en el análisis de datos multivariados. Es una técnica sencilla y probablemente la más común en estudios de morfometría geométrica, aunque no se limita exclusivamente a esta área, ya que puede aplicarse a cualquier conjunto de datos con variables numéricas continuas. El PCA no incluye pruebas estadísticas ni utiliza la información sobre la identidad de grupos en el análisis, por lo que frecuentemente se emplea como el primer paso para identificar patrones de variación en un estudio.

El objetivo principal del PCA es explorar los patrones dominantes de variación dentro de un conjunto de datos complejo que puede incluir docenas de variables. A través de esta técnica, se busca simplificar la estructura de los datos y comprender las relaciones entre las variables originales. Esto se logra mediante la construcción de nuevos ejes denominados componentes principales, que se generan a partir de los modelos de covarianza de las variables originales. Estos

componentes reflejan las direcciones de mayor cambio en el espacio multivariado.

El método se basa en el principio de que el primer componente principal (CP1) captura la mayor proporción de variación en los datos, seguido del segundo componente principal (CP2), que representa la siguiente mayor variación en un eje ortogonal al primero. Este proceso continúa con los demás componentes, cada uno aportando una cantidad decreciente de información sobre la variación en los datos. Los componentes principales permiten reorientar el espacio original y etiquetar cada muestra utilizando estas nuevas variables, facilitando así la visualización y comprensión de la estructura del conjunto de datos (Aguirre & Jiménez Prado, 2018a).

Análisis de Variantes Canónicas (CVA)

El análisis de varianza canónica (CVA) es una técnica estadística multivariada que busca maximizar la separación entre grupos predefinidos en un espacio multidimensional. A diferencia del análisis de componentes principales (PCA), que identifica los ejes de mayor variación en los datos, el CVA enfoca su análisis en reducir las diferencias dentro de los grupos y exagerar las diferencias entre ellos. Esto se logra mediante la transformación del espacio original de datos, ampliando las direcciones espaciales que definen las diferencias grupales y comprimiendo las áreas donde las muestras varían de manera similar. (Aguirre & Jiménez Prado, 2018a).

Regresión para hallar alometría

Esta herramienta se utiliza en morfometría geométrica para investigar de qué manera las proporciones de las formas biológicas se modifican con el tamaño de los organismos. La regresión alométrica se basa en el uso de un modelo logarítmico (log-log), mediante el cual se examinan las conexiones entre variables de interés, tales como las medidas lineales de los organismos, a través de transformaciones logarítmicas que permiten linealizar las relaciones entre las variables. De este

modo, se modifican en función del tamaño total del cuerpo, ofreciendo una comprensión detallada de las proporciones relativas de las formas biológicas en relación con el tamaño del organismo(Lukhtanov et al., 2015) .

CAPITULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Longitud, peso y factor de condición del género *Orestias* en lagunas altoandinas

4.1.1 longitud del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

Tabla 5. *Estadísticos descriptivos de la longitud total (mm) de las Orestias evaluadas*

	Estadístico	Error estándar
Media	88,4432	2,28877
Mediana	92,7250	
Varianza	576,232	
Desviación estándar	24,00482	
Mínimo	48,14	
Máximo	145,38	
Rango	97,24	
Asimetría	0,004	0,230
Curtosis	-1,299	0,457

En la tabla 5, se observan los valores descriptivos de longitud total del género *Orestias* en lagunas altoandinas de la región del Cusco. Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de 88,44 +/- 2,28 mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta Región tiene una longitud superior a 92,72 mm, y el otro 50% de la población un valor inferior a 92,72 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar es de 24,0 mm, y la varianza de 576,2 mm². El individuo que tuvo la menor longitud, durante la evaluación de campo fue de 48,14mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 145,3 mm, existiendo un rango de 97,24 mm. La asimetría indica que la distribución de los datos tiene una forma mesocúrtica, no existiendo un alargamiento o achatamiento claro en el histograma. Mientras que la curtosis, muestra que hay una agrupación de valores hacia el lado derecho de la curva.

El valor de la varianza tan alto y el amplio rango, y los dos grandes picos que se observa en el histograma (Figura 13), indican una notable dispersión, estos datos pueden sugerir, que, en

realidad, existan varias poblaciones o especies, y no pertenezcan a una sola. Porque, durante el estudio, se midió solamente a individuos maduros, lo que no justificaría que exista tanta variabilidad, que no se observa en otras especies de peces.

Las longitudes promedio varían de manera significativa entre las lagunas (figura 14), destacando la laguna de Piuray y Pomacanchi con los valores longitud más alto con respecto a la media y los más bajos las lagunas de Qoricocha y Sibinacocha; sin embargo, los individuos de mayor tamaño en todo el estudio pertenecen a la laguna de Languilayo como se puede observar en la tabla 4.

Las lagunas con una población más uniforme con respecto al tamaño fueron las lagunas de Piuray y Huaypo, y las lagunas con poblaciones menos uniformes con respecto al tamaño fueron las lagunas de Pampamarca y Languilayo como se observa en la tabla 7. Esto podría sugerir que existen causas ecológicas que justifican esta variación de tamaños. O un marcado dimorfismo sexual o la presencia de más de una especie en ambas lagunas.

Figura 13. *Histograma de longitud (mm) de Orestias por cada laguna altoandina del departamento de Cusco*

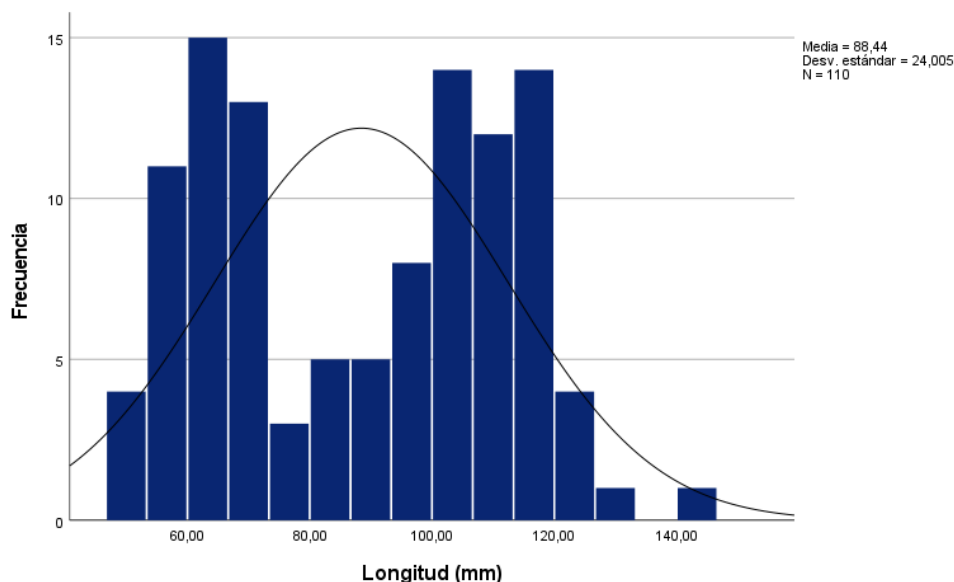
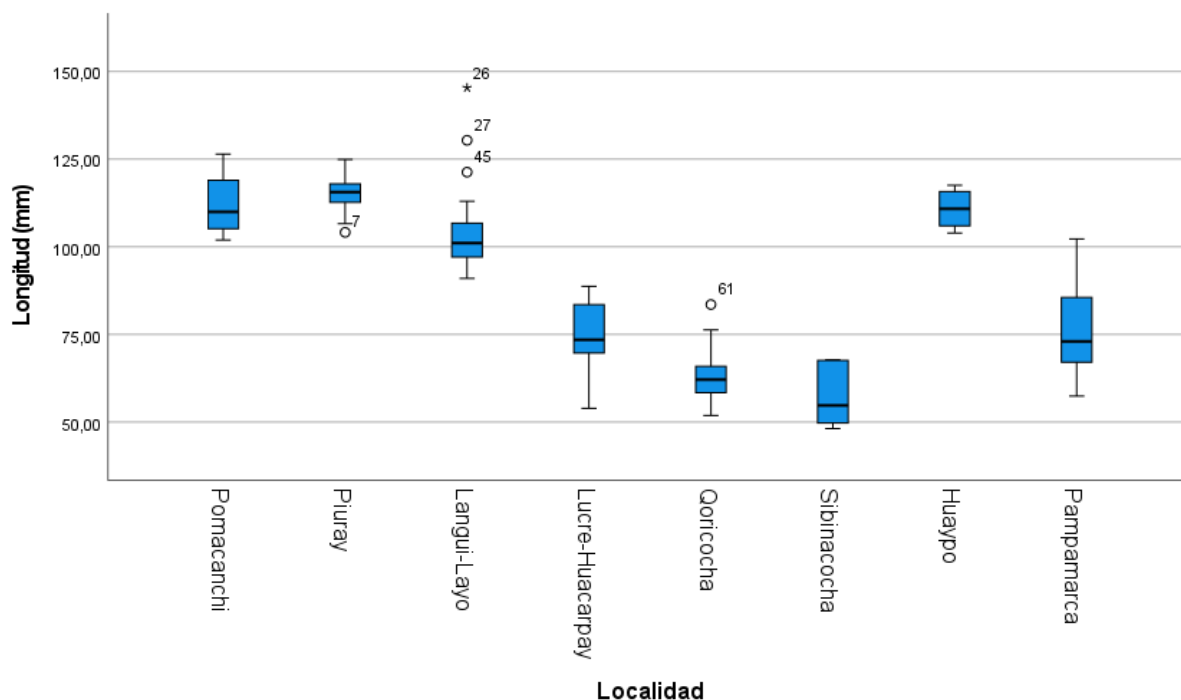


Figura 14. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de *Orestias* por cada laguna altoandina del departamento de Cusco



En la figura 14, se puede observar el diagrama de cajas de la longitud en mm de las poblaciones de *Orestias* en lagunas altoandinas del presente estudio, Así mismo, se observa variación en las longitudes y valores atípicos en la laguna de Piuray, Languilayo y Qoricocha que podría sugerir que existen peces que alcanzan un mayor tamaño en esas lagunas, con respecto a Piuray la presencia de un individuo más pequeño al promedio puede indicar que existen individuos que alcanzan la madurez en menores tamaños.

Tabla 6. *Test de Kruskal- Wallis de la longitud de Orestias en lagunas altoandinas*

Variable	Estadística Kruskal-Wallis	Valor p	Conclusión
Talla (mm)	89.96	1.26×10^{-16}	Existen diferencias significativas en la longitud de <i>Orestias</i> entre las lagunas.

En la tabla 8, en el test de Kruskal-Wallis realizado sobre la variable longitud reveló diferencias significativas entre las lagunas (valor $p < 0.05$). Esto sugiere que la longitud de los peces varía de manera estadísticamente significativa entre las diferentes lagunas estudiadas.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la longitud (mm) de las *Orestias* evaluadas por laguna

	Pomacanchi	Piuray	Langui Layo	Lucre-Huacarpay	Qoricocha	Sibinacocha	Huaypo	Pampamarca
Media	112,0850	114,7647	104,2944	74,3380	62,9328	57,1217	110,8233	76,9167
Mediana	109,9800	115,6200	101,0800	73,500	62,120	54,760	110,845	73,030
Varianza	83,568	27,809	155,189	96,44626	47,49594	82,33874	29,12003	207,85840
D.estándar	9,14157	5,27345	12,45750	9,8207	6,8917	9,0741	5,3963	14,4173
Mínimo	101,93	104,13	91,00	53,920	51,890	48,140	103,950	57,420
Máximo	126,45	124,91	145,38	88,73	83,54	67,77	117,54	102,23
Rango	24,52	20,78	54,38	34,81	31,65	19,63	13,59	44,81
Asimetría	0,737	-0,314	1,955	-0,593	1,065	0,359	-0,025	0,492
Curtosis	-0,441	-0,052	4,371	1,165	1,778	-2,460	-1,764	-0,549
N°	6	19	25	10	29	6	6	9

Figura 15. Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Pomacanchi

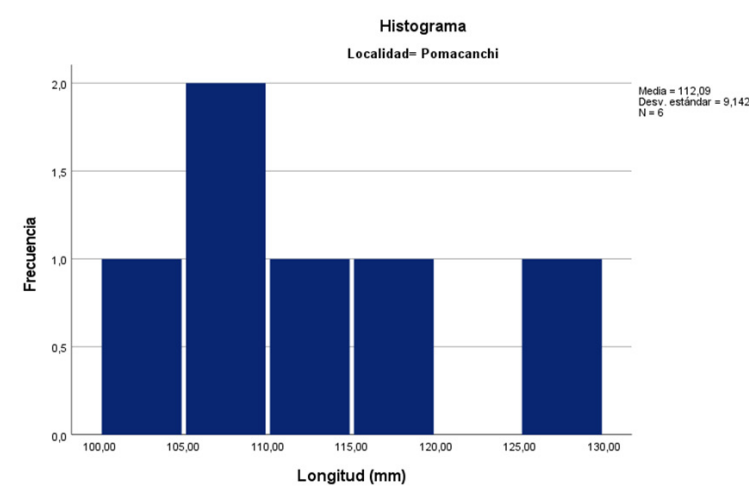


Figura 16. Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Piuray

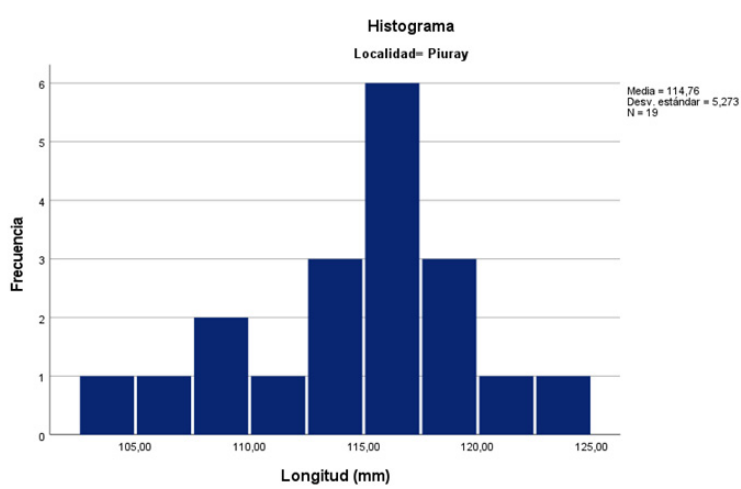


Figura 17. Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Languilayo

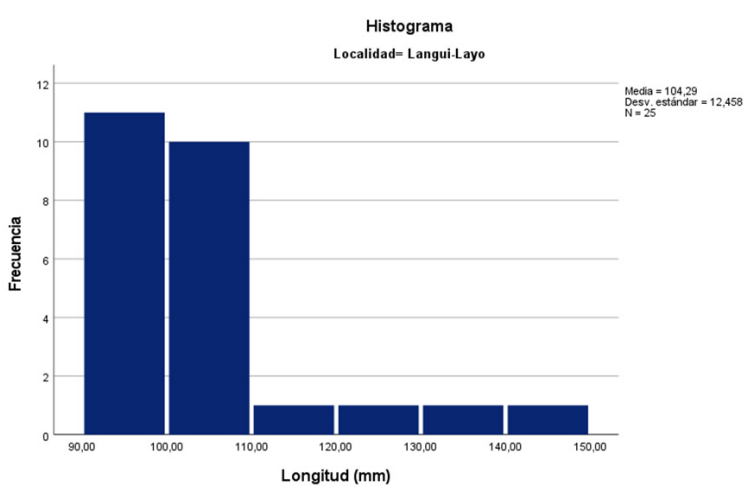


Figura 18. Histograma de longitud (mm) de Orestias en humedal Lucre-huacarpay

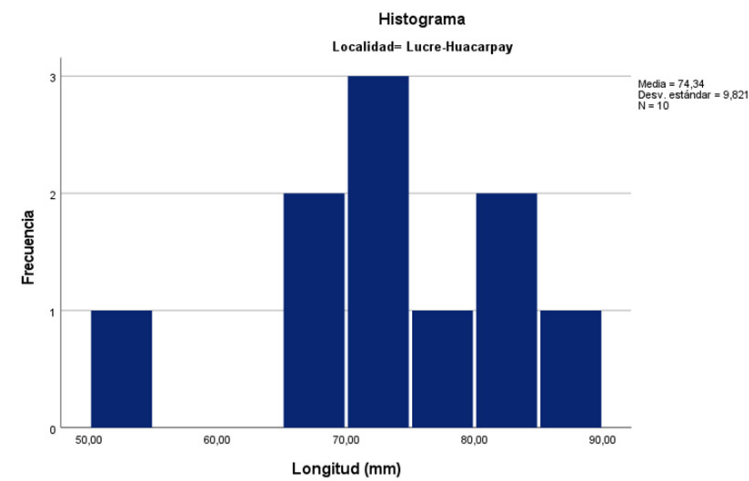


Figura 19. Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Qoricocha

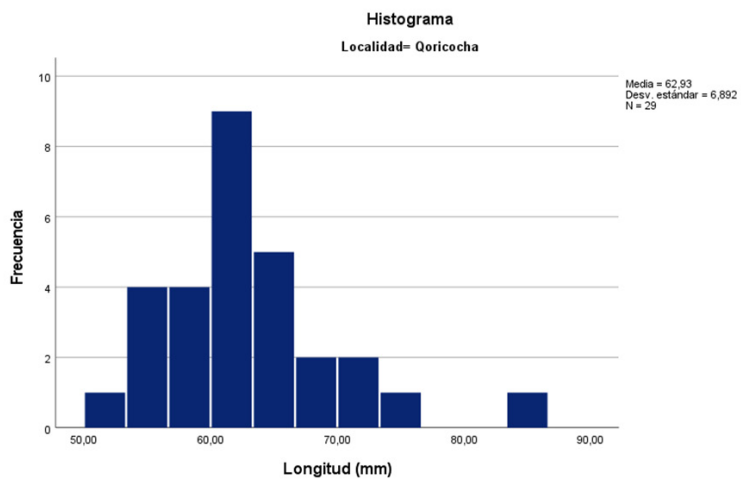


Figura 20. Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Sibinacocha

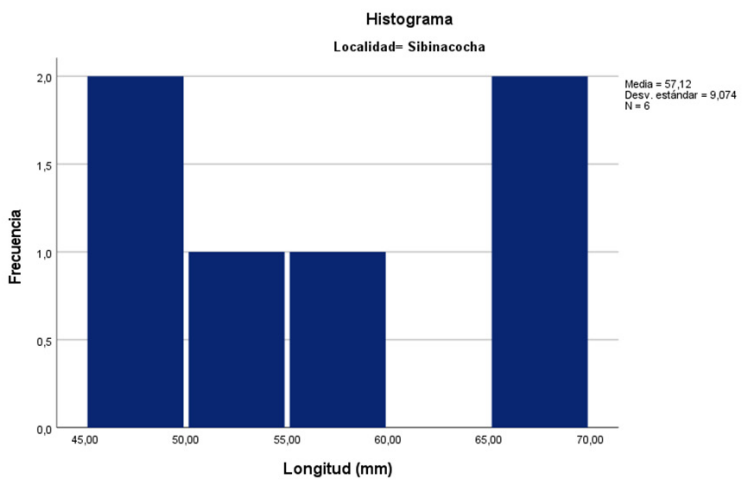


Figura 21. Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Huaypo

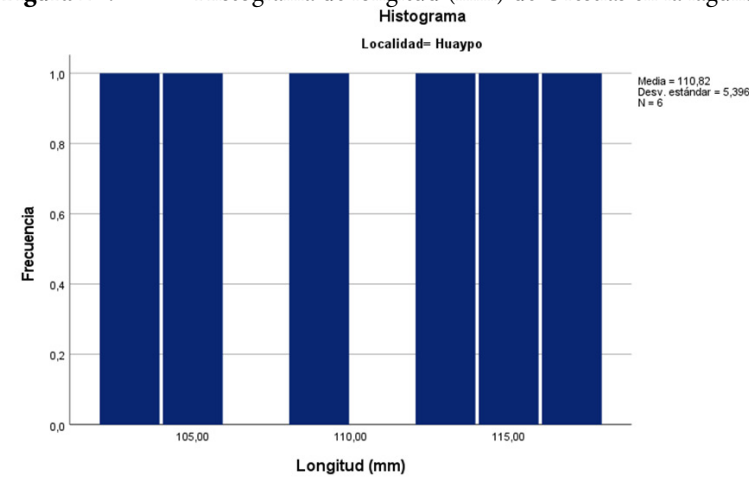


Figura 22. Histograma de longitud (mm) de Orestias en la laguna de Pampamarca

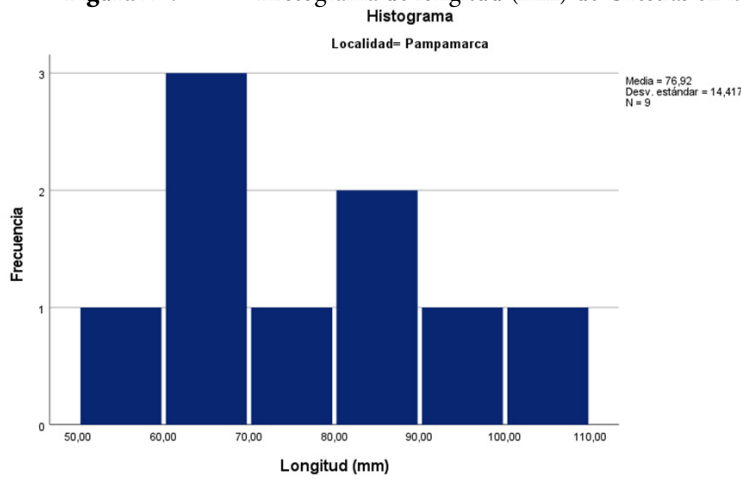


Figura 23. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Pomacanchi

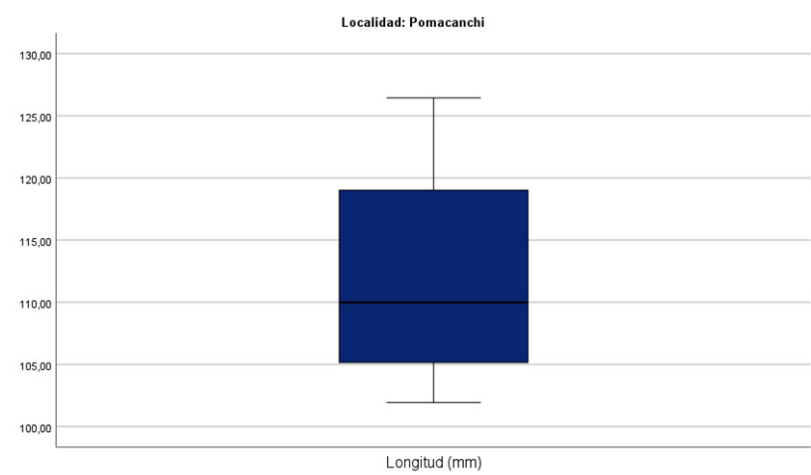


Figura 24. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Piuray

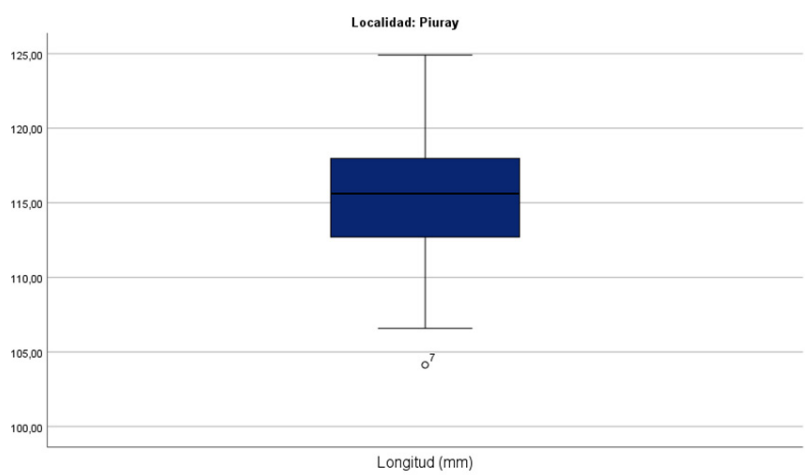


Figura 25. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Languilayo

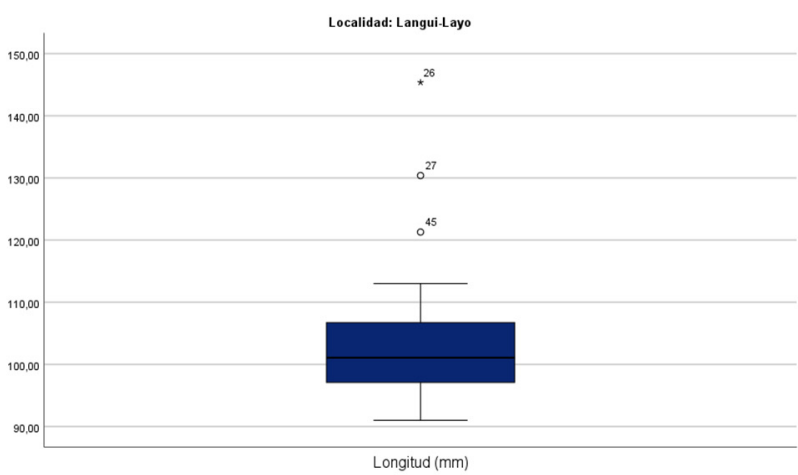


Figura 26. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en el humedal Lucre-Huacarpay

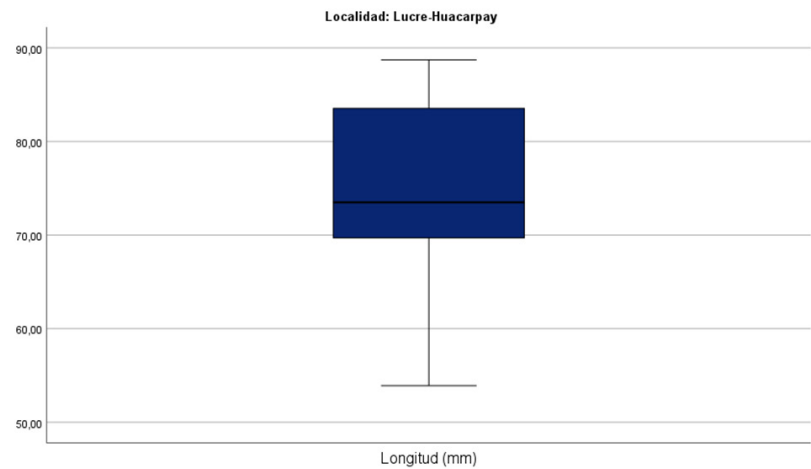


Figura 27. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Qoricocha

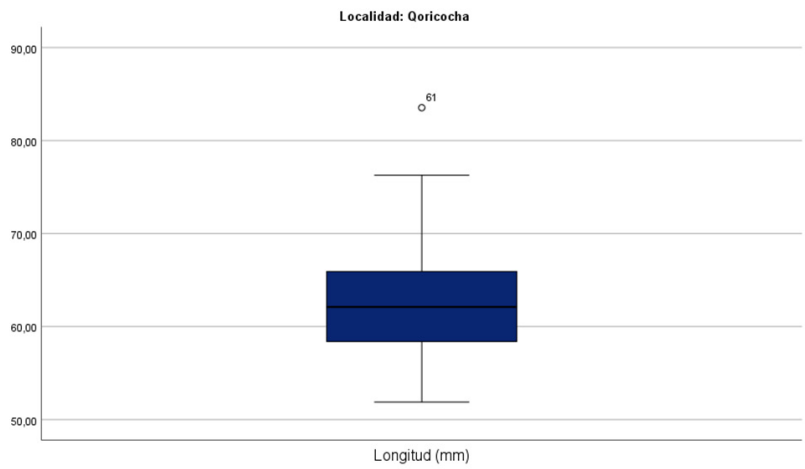


Figura 28. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Sibinacocha

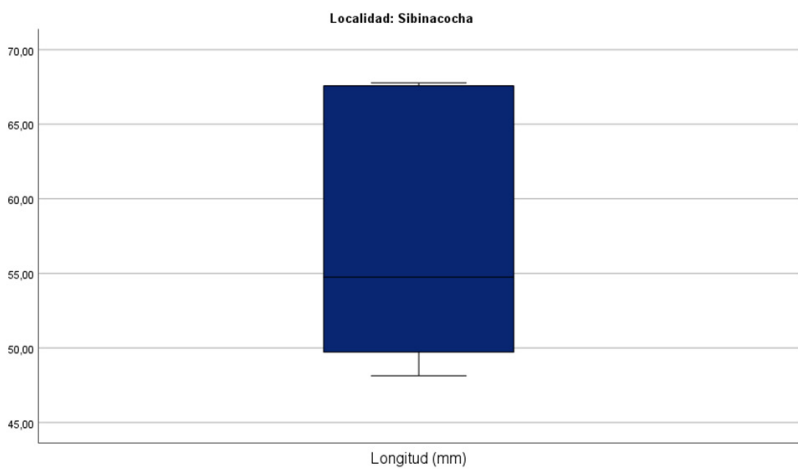


Figura 29. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Huaypo

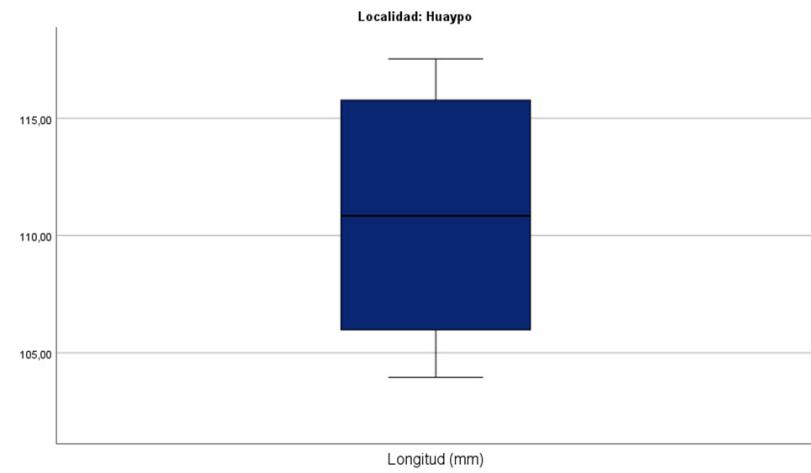
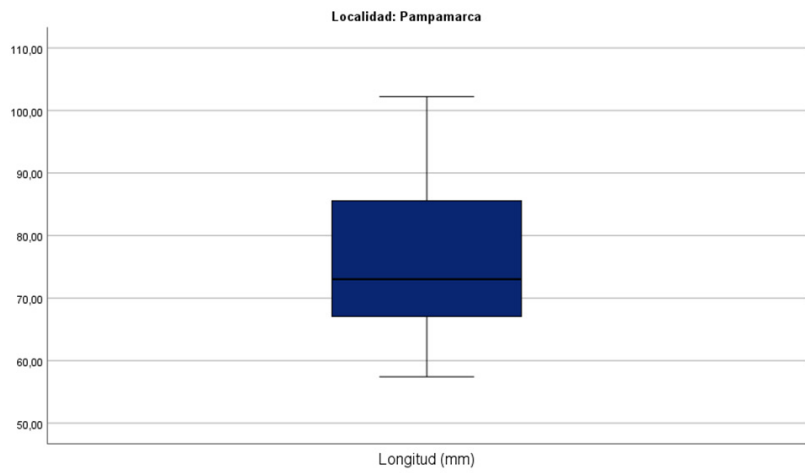


Figura 30. Diagrama de cajas de la longitud (mm) de Orestias en la laguna de Pampamarca



4.1.1.1 Longitud del género *Orestias* en la laguna de Pomacanchi

En la tabla 7, se observan los valores descriptivos de la longitud del género *Orestias* en la laguna Pomacanchi. Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de $112,0850 \pm 3,732$ mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene una longitud superior a 109,9800 mm y el otro 50% de la población un valor inferior a 109,9800 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar, es de 9,14157 mm, y la varianza es de 83,568 mm². El individuo que tuvo la menor longitud durante la evaluación de campo fue de 101,93 mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 126,45 mm, existiendo un rango de 24,52 mm como se observa en la figura 14.

La asimetría de 0,737 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de -0,441 muestra que la distribución es ligeramente más plana que una distribución normal, indicando colas menos extremas y una menor presencia de valores atípicos en los datos.

La baja dispersión de las longitudes en los individuos sugiere que la población de *Orestias* de la laguna de Pomacanchi es relativamente uniforme con respecto a sus adultos, la ligera inclinación de la distribución podría sugerir un dimorfismo sexual entre las poblaciones de *Orestias*, ya que en peces la hembra tiende a ser más grande que el macho.

En la figura 23, se observa el diagrama de cajas y bigotes de la longitud (mm) de la población de *Orestias* de la laguna de Pomacanchi, se observa una distribución relativamente simétrica, la ausencia de valores atípicos nos indica que la mayoría de los individuos adultos se encuentra dentro del rango.

4.1.1.2 Longitud del género *Orestias* en la laguna de Piuray

En la tabla 7, se observan los valores descriptivos de la longitud del género *Orestias* en la laguna Piuray. Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de $114,7647 \pm 1,209$ mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene una longitud superior a 115,6200 mm y el otro 50% de la población un valor inferior a 115,6200 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar, es de 5,27345 mm, y la varianza es de 27,809 mm². El individuo que tuvo la menor longitud durante la evaluación de campo fue de 104,13 mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 124,91 mm, existiendo un rango de 20,78 mm, como se observa en la figura 14.

La asimetría de -0,314 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la izquierda. Mientras que la curtosis de -0,052 muestra que la distribución es prácticamente normal.

La baja dispersión entre las longitudes de las *Orestias* en la laguna de Piuray sugiere una uniformidad entre los tamaños de la población de adultos, la ligera inclinación podría sugerir un dimorfismo sexual en la población, sin embargo, existen individuos de mayor que podrían sugerir que existe más de una población de *Orestias* en la laguna de Piuray. Así mismo podría indicar que las condiciones ambientales de la laguna de Piuray son estables.

En la figura 24, se observa el diagrama de cajas y bigotes de la longitud (mm) de la población de *Orestias* de la laguna de Piuray, se observa una distribución relativamente simétrica, ya que se encuentra un valor atípico que podría sugerir que existen individuos de menores tallas que maduran a menor talla, fuera del rango esperado.

4.1.1.3 Longitud del género *Orestias* en la laguna de Languilayo

En la tabla 7, Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de $104,2944 \pm 2,491$ mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene una longitud superior a 101,08 mm y el otro 50% de la población un valor inferior a 101,08 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar, es de 12,45750 mm, y la varianza es de 155,189 mm². El individuo que tuvo la menor longitud durante la evaluación de campo fue de 91,00 mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 145,38 mm, existiendo un rango de 54,38 mm, como se observa en la figura 14.

La asimetría de 1,955 indica que la distribución de los datos tiene una fuerte inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de 4,371 muestra que la distribución es más puntiaguda que una distribución normal, indicando una mayor presencia de valores atípicos en los datos.

La dispersión de las *Orestias* en la laguna de Languilayo es bastante alta lo que podría indicar la presencia de más de una población de especies de *Orestias* en la misma laguna, o incluso un alto dimorfismo sexual, sin embargo, los valores son extremos. Los valores atípicos también indicarían que existen individuos que alcanzan mayores tamaños al promedio, posiblemente podrían sugerir la disponibilidad de alimento y adaptación a las características ecológicas de la laguna de Languilayo.

En la figura 25, Se presenta un diagrama de cajas y bigotes de la longitud (mm) de la población de *Orestias* en la laguna Languilayo, Se observa una distribución con una considerable variabilidad, los valores atípicos nos indica que existen individuos con tallas superiores al promedio de la población, incluso podría tratarse de la existencia de más de una especie dentro de la laguna de Languilayo, o simplemente una variación fenotípica dentro de la misma población.

4.1.1.4 Longitud del género *Orestias* en el humedal Lucre-huacarpay

En la tabla 7 se observan los valores descriptivos de la longitud del género *Orestias* en el humedal Lucre-Huacarpay. Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de $74,3380 \pm 3,105$ mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene una longitud superior a 73,50 mm y el otro 50% de la población un valor inferior a 73,50 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar, es de 9,8207 mm, y la varianza es de $96,44626$ mm². El individuo que tuvo la menor longitud durante la evaluación de campo fue de 53,92 mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 88,73 mm, existiendo un rango de 34,81 mm, como se observa en la figura 14.

La asimetría de -0,593 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la izquierda. Mientras que la curtosis de 1,165 muestra que la distribución es más puntiaguda que una distribución normal, indicando una mayor presencia de valores atípicos en los datos.

La dispersión es moderada lo cual indicaría una cierta uniformidad en las poblaciones de las *Orestias* del humedal Lucre-Huacarpay, y esta ligera inclinación sugiere un dimorfismo sexual en la población de *Orestias*, a diferencias de otras lagunas al parecer estos individuos son de menor tamaño en su estado adulto.

En la figura 26, se presenta un diagrama de cajas y bigotes de la longitud (mm) de la población del género *Orestias* en el humedal Lucre-Huacarpay. Se observa una población con variación relativamente baja sin valores atípicos, con individuos adultos de menor tamaño.

4.1.1.5 Longitud del género *Orestias* en la laguna de Qoricocha

En la tabla 7, se observan los valores descriptivos de la longitud del género *Orestias* en la laguna Qoricocha. Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de $62,9328 \pm 1,279$ mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene una longitud superior a 62,12 mm y el otro 50% de la población un valor inferior a 62,12 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar, es de 6,8917 mm, y la varianza es de 47,49594 mm². El individuo que tuvo la menor longitud durante la evaluación de campo fue de 51,890 mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 83,54 mm, existiendo un rango de 31,65 mm. Como se observa en la figura 14.

La asimetría de 1,065 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de 1,778 muestra que la distribución es más puntiaguda que una distribución normal, indicando una mayor presencia de valores atípicos en los datos.

La dispersión de las longitudes de las *Orestias* en la laguna de Qoricocha es baja, sugiere que existe uniformidad en la población de adultos en esta laguna, como se observa en la figura 27, así mismo la inclinación ligera hacia la derecha indicaría dimorfismo sexual en la población y que la población ligeramente estaría compuesta en mayor cantidad posiblemente de hembras, ya que estas alcanzan mayores tamaños que los machos. y los valores atípicos sugerirían que las poblaciones se reproducen durante todo el año, teniendo adultos de mayor tamaño independientemente de la temporada.

4.1.1.6 Longitud del género *Orestias* en la laguna de Sibinacocha

En la tabla 7, se observan los valores descriptivos de la longitud del género *Orestias* en la laguna Sibinacocha. Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de $57,1217 \pm 3,704$ mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene una longitud superior a 54,76 mm y el otro 50% de la población un valor inferior a 54,76 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar, es de 9,0741 mm, y la varianza es de 82,339 mm². El individuo que tuvo la menor longitud durante la evaluación de campo fue de 48,14 mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 67,77 mm, existiendo un rango de 19,63 mm, como se observa en la figura 14.

La asimetría de 0,359 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de -2,460 muestra que la distribución es más plana que una distribución normal, indicando colas menos extremas y una menor presencia de valores atípicos en los datos.

La dispersión moderada de la población de *Orestias* de la laguna Sibinacocha, indicaría cierta uniformidad, como se observa en la figura 28, sin embargo, los individuos de esta laguna presentan menor tamaño a comparación de las otras lagunas del estudio, posiblemente no hayan alcanzado totalmente su madurez sexual, lo que concordaría con la dispersión y el rango entre estos individuos también sugeriría que se trataría de una misma especie.

4.1.1.7 Longitud del género *Orestias* en la laguna de Huaypo

En la tabla 7 se observan los valores descriptivos de la longitud del género *Orestias* en la laguna Huaypo. Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de $110,8233 \pm 2,203$ mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene una longitud superior a 110,845 mm y el otro 50% de la población un valor inferior a 110,845 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar, es de 5,3963 mm, y la varianza es de 29,120 mm². El individuo que tuvo la menor longitud durante la evaluación de campo fue de 103,950 mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 117,54 mm, existiendo un rango de 13,59 mm, como se observa en la figura 14.

La asimetría de -0,025 indica que la distribución de los datos es prácticamente simétrica. Mientras que la curtosis de -1,764 muestra que la distribución es más plana que una distribución normal, indicando colas menos extremas y una menor presencia de valores atípicos en los datos.

En la figura 29, se observa la dispersión de la población de *Orestias* en la laguna de Huaypo es baja, lo que indicaría uniformidad con respecto a los tamaños de los adultos, la distribución es prácticamente simétrica, aparentemente no indicaría un marcado dimorfismo sexual con respecto al tamaño.

4.1.1.8 Longitud del género *Orestias* en la laguna de Pampamarca

En la tabla 7, se observan los valores descriptivos de la longitud del género *Orestias* en la laguna Pampamarca. Se puede observar que, en promedio, tienen una longitud de $76,9167 \pm 4,805$ mm, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene una longitud superior a 73,03 mm y el otro 50% de la población un valor inferior a 73,03 mm. La dispersión de los valores de longitud, respecto a la desviación estándar, es de 14,4173 mm, y la varianza es de 207,858 mm². El individuo que tuvo la menor longitud durante la evaluación de campo fue de 57,420 mm, mientras que el de mayor tamaño tuvo 102,23 mm, existiendo un rango de 44,81 mm, como se observa en la figura 14.

La asimetría de 0,492 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de -0,549 muestra que la distribución es ligeramente más plana que una distribución normal, indicando colas menos extremas y una menor presencia de valores atípicos en los datos.

La dispersión alta sugiere una alta variabilidad en las longitudes de las *Orestias* en la laguna de Pampamarca, esto podría indicar un dimorfismo sexual o posiblemente más de una población de especie en la laguna de Pampamarca. Así mismo el rango también indicaría que las longitudes de los peces varían significativamente, siendo una población menos uniforme con respecto al tamaño.

En la figura 30, se presenta el diagrama de cajas y bigotes de la población de *Orestias* de la laguna de Pampamarca, se observa una variabilidad de tamaño moderada, sin presencia de valores atípicos, indicando población de adultos estable y dentro del rango.

4.1.2 Peso del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

Tabla 8. *Estadísticos descriptivos del peso (gr) del género Orestias*

	Estadístico	Error estándar
Media	11,7289	0,91986
Mediana	10,6200	
Varianza	93,0761	
Desviación estándar	9,6476	
Mínimo	0,920	
Máximo	44,920	
Rango	44,00	
Asimetría	0,80	0,230
Curtosis	-0,077	0,457

En la tabla 8, se observan los valores descriptivos del peso del género *Orestias* en lagunas altoandinas de la región de Cusco. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de 11,73 gr +/- 0,92 g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de la región de Cusco tiene una longitud superior a 10,62 gr, y el otro 50% de la población un valor inferior a 10,62 gr. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar es de 9,6476 gr, y la varianza de 93,0761 gr². El individuo que tuvo el menor peso, durante la evaluación de campo fue de 0,920 gr, mientras que el de mayor peso tuvo 44,9 gr, existiendo un rango de 44 gr, como se observa en la figura 31.

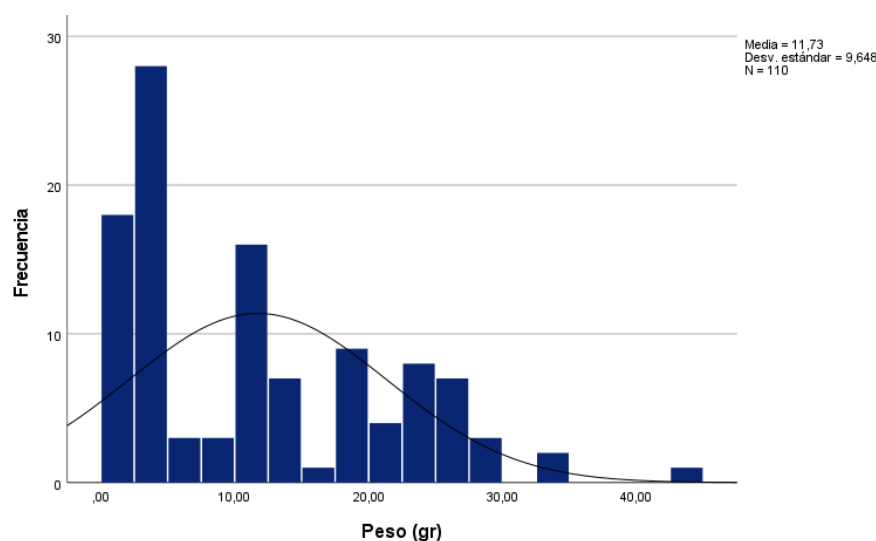
La asimetría de 0,80 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha, lo que significa que hay más valores en el extremo superior. Mientras que la curtosis de -0,077 muestra que la distribución es ligeramente más plana que una distribución normal, indicando colas menos extremas y una menor presencia de valores atípicos en los datos.

El valor de la varianza es moderado y el amplio rango, el promedio y la mediana indicarían que las poblaciones de *Orestias* en la región de cusco en promedio tendrían 11,73 g, el amplio rango, nos sugiere que, en realidad, existan varias poblaciones o especies, y no pertenezcan a una

sola. Ya que en el presente estudio se pesó a individuos adultos, lo que no justificaría que exista tanta variabilidad. Este rango también podría indicar una notable diferencia entre las lagunas y la disponibilidad de recursos, Así mismo adaptaciones de las especies hacia las condiciones ecológicas de cada laguna.

Los pesos promedio varían de manera significativa entre las lagunas como se observa en la figura 31, destacando la laguna de Piuray y Pomacanchi con los valores de peso más alto con respecto a la media y los más bajos las lagunas de Qoricocha y Sibinacocha, correlacionándose con la longitud de los individuos, sin embargo, los individuos de mayor peso en todo el estudio pertenecen a la laguna de Languilayo, como se observa en la tabla 10.

Figura 31. *Histograma de peso*



En la figura 32, se puede observar el diagrama de cajas del peso en g de las poblaciones de *Orestias* en lagunas altoandinas del presente estudio, Así mismo se observa variación en los pesos y valores atípicos en la laguna de Piuray, Languilayo y Qoricocha que nos podría sugerir que existen peces que alcanzan un mayor peso en esas lagunas, con respecto a Piuray la presencia de un individuo menos pesado al promedio, correlacionándose con los resultados de longitud.

Tabla 9. *Test de Kruskal- Wallis del peso de Orestias en lagunas altoandinas*

Variable	Estadística Kruskal-Wallis	Valor p	Conclusión
Peso (g)	93.44	2.43×10^{-17}	Existen diferencias significativas en el peso de <i>Orestias</i> entre las lagunas.

En la tabla 9, en el test de Kruskal-Wallis realizado sobre la variable peso reveló diferencias significativas entre las lagunas (valor $p < 0.05$). Esto sugiere que el peso de los peces varía de manera estadísticamente significativa entre las diferentes lagunas estudiadas.

Figura 32. *Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias por cada laguna altoandina del departamento de Cusco*

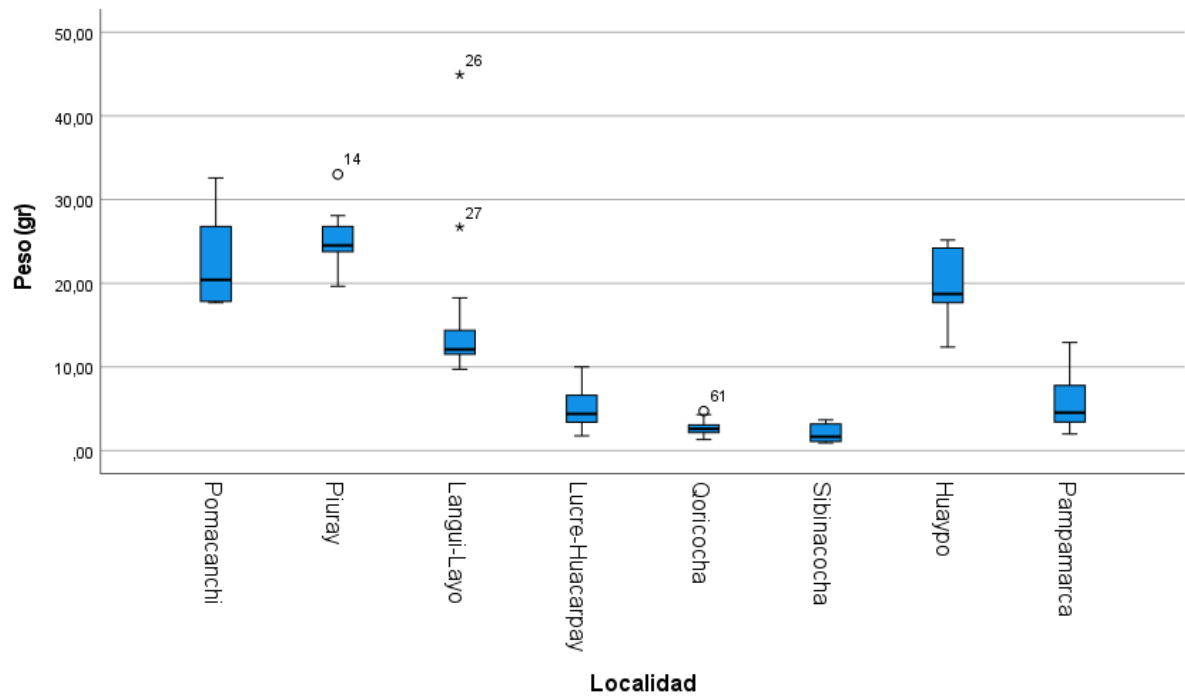


Tabla 10. *Estadísticos descriptivos del peso (gr) de las Orestias evaluadas por laguna*

	Pomacanchi	Piuray	Langui Layo	Lucre-Huacarpay	Qoricocha	Sibinacocha	Huaypo	Pampamarca
Media	22,6267	24,9821	14,5840	5,1900	2,6959	2,0400	19,4867	6,2133
Mediana	20,4200	24,5400	12,1000	4,4000	2,6000	1,6800	18,7400	4,5400
Varianza	36,1551	9,081	52,089	6,602	0,721	1,369	22,219	13,468
D.estándar	6,0129	3,01350	7,21725	2,56945	0,84884	1,17023	4,71370	3,66993
Mínimo	17,6800	19,64	9,74	1,78	1,32	0,92	12,38	1,98
Máximo	32,6000	33,02	44,92	10,00	4,72	3,68	25,16	12,92
Rango	14,9200	13,3800	35,1800	8,2200	3,4000	2,7600	12,7800	10,9400
Asimetría	1,0594	0,7417	3,5223	0,8001	0,7091	0,5740	-0,2309	0,8185
Curtosis	-0,044	1,747	13,765	-0,120	0,146	-1,855	-0,427	-0,378
Nº	6	19	25	10	29	6	6	9

Figura N° 33. Histograma de peso (g) de Orestias en la laguna de Pomacanchi

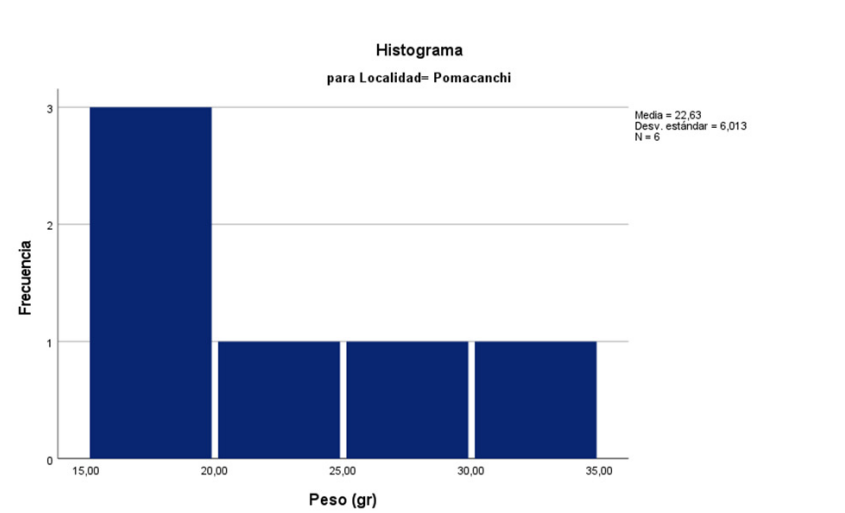


Figura N° 34. Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Piuray

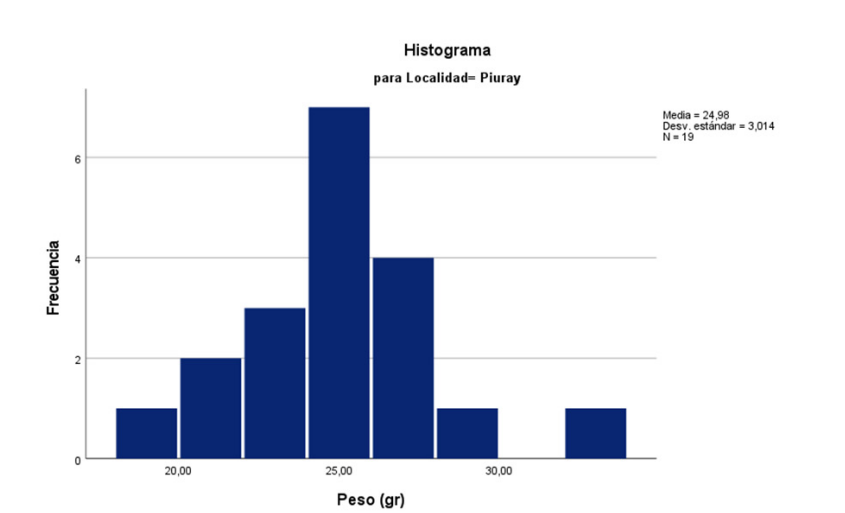


Figura N° 35. Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Languilayo

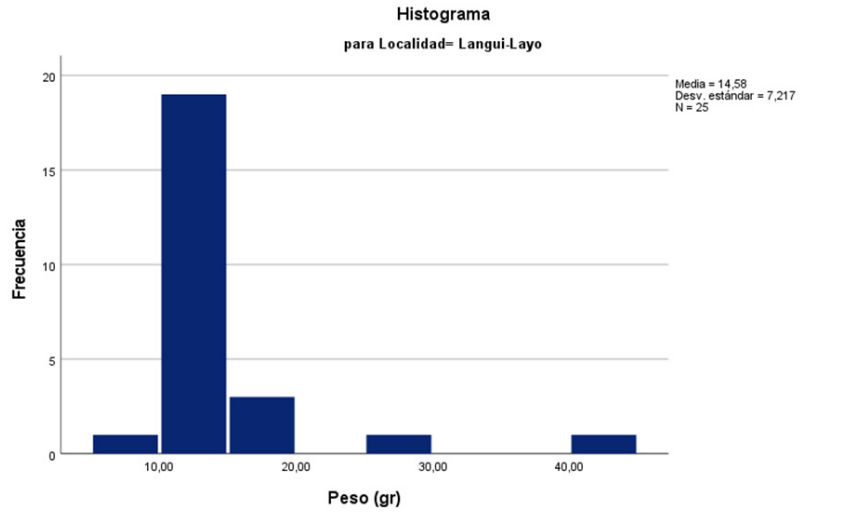


Figura N° 36. Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Lucre-Huacarpay

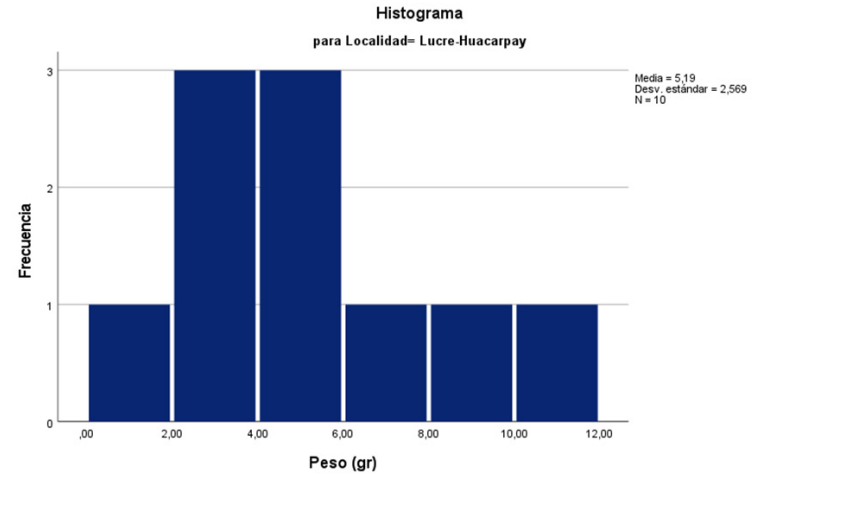


Figura N° 37. Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Qoricocha

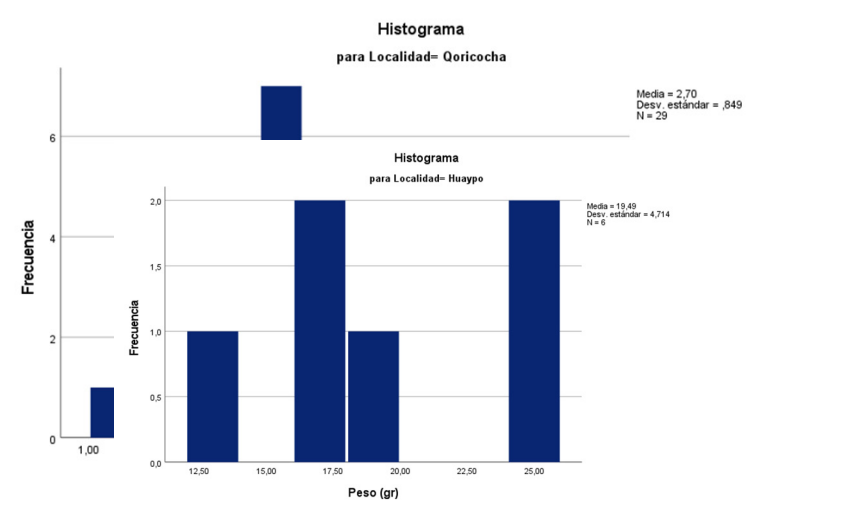


Figura N° 38. Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Sibinacocha

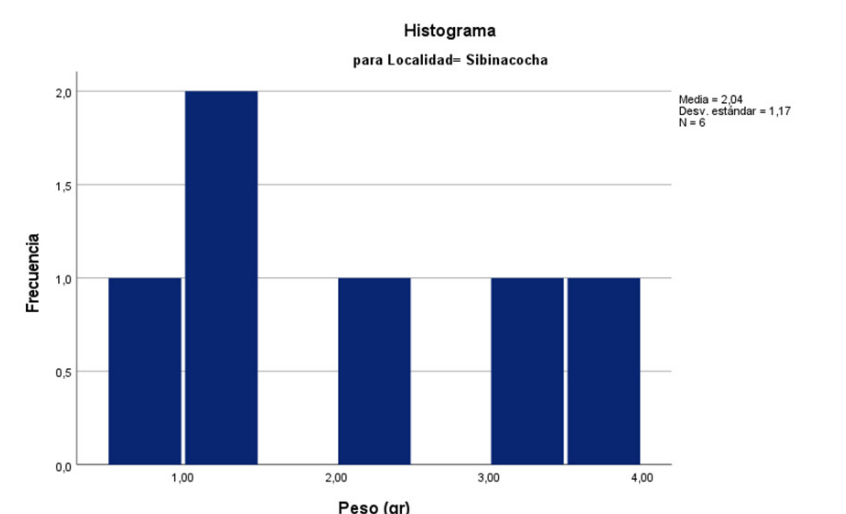


Figura N° 39. Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Huaypo

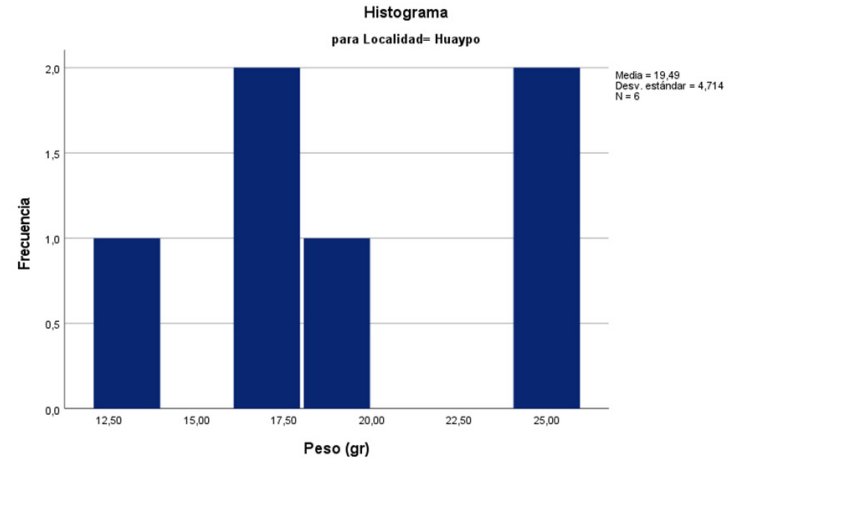


Figura N° 40. Histograma de peso (gr) de Orestias en la laguna de Pampamarca

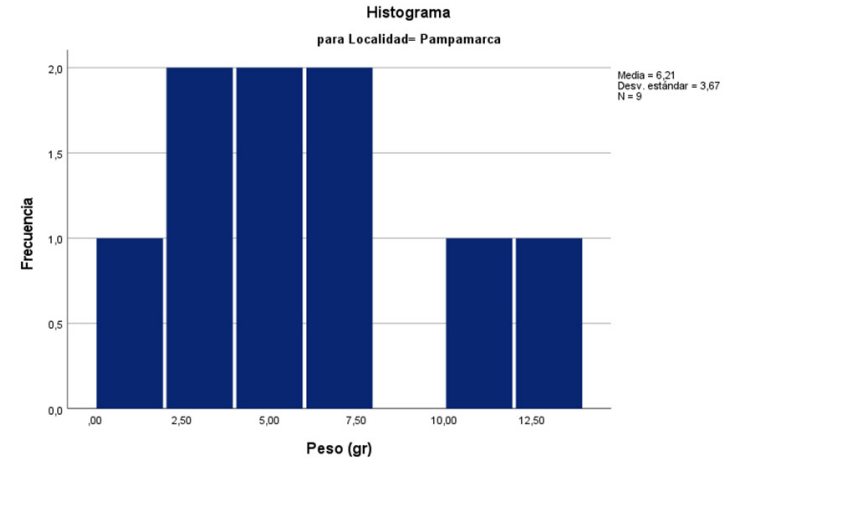


Figura 41. Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Pomacanchi

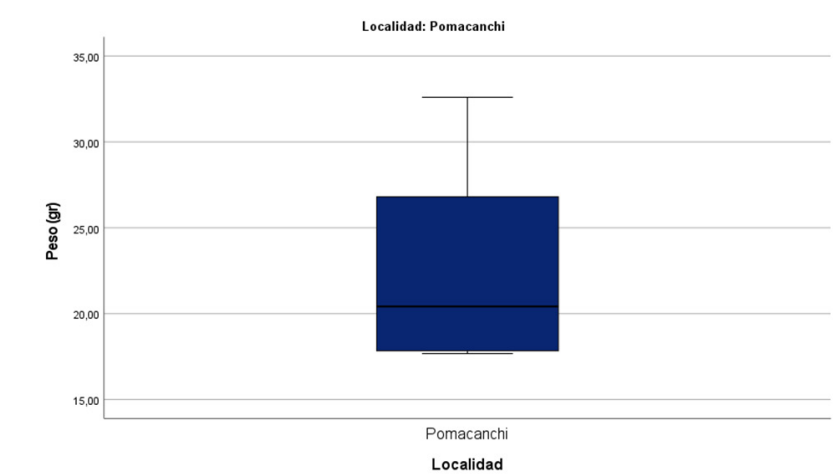


Figura 42. Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Piuray

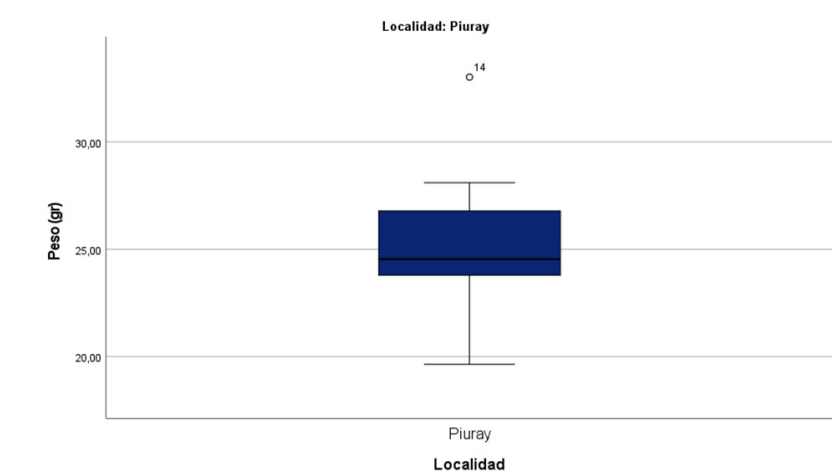


Figura 43. Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Languilayo

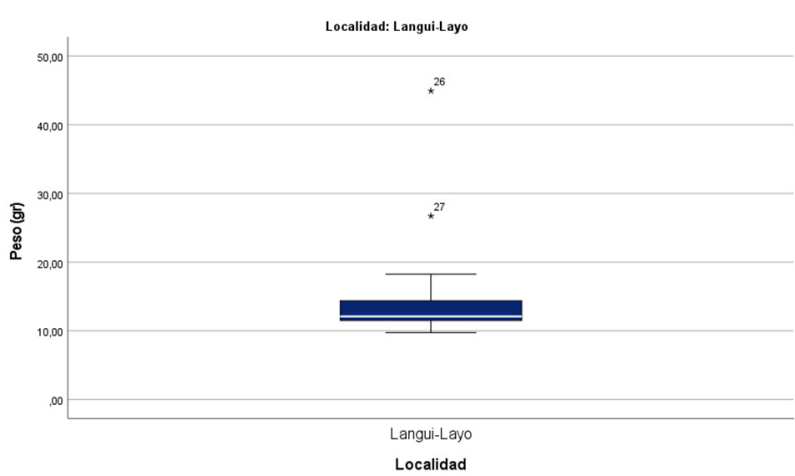


Figura 44. Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en el humedal Lucre-Huacarpay

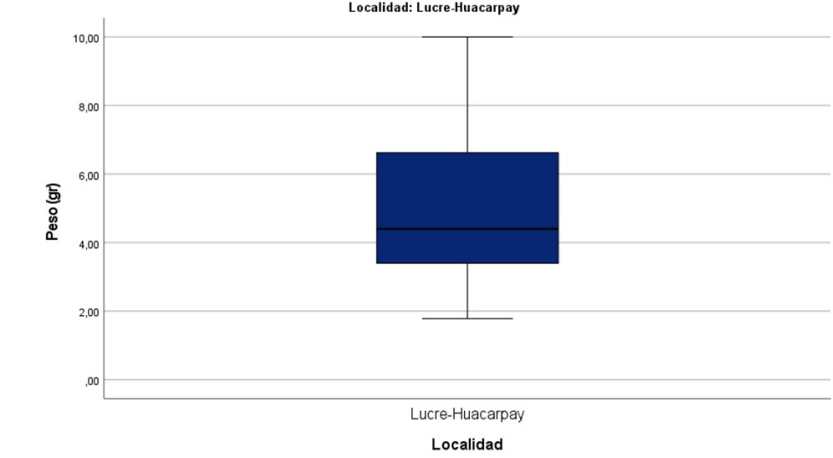


Figura 45. Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Qoricocha

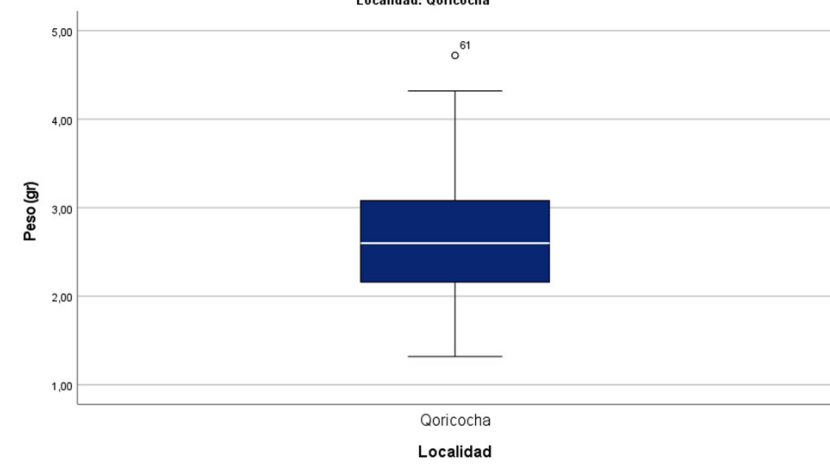


Figura 46. Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Sibinacocha

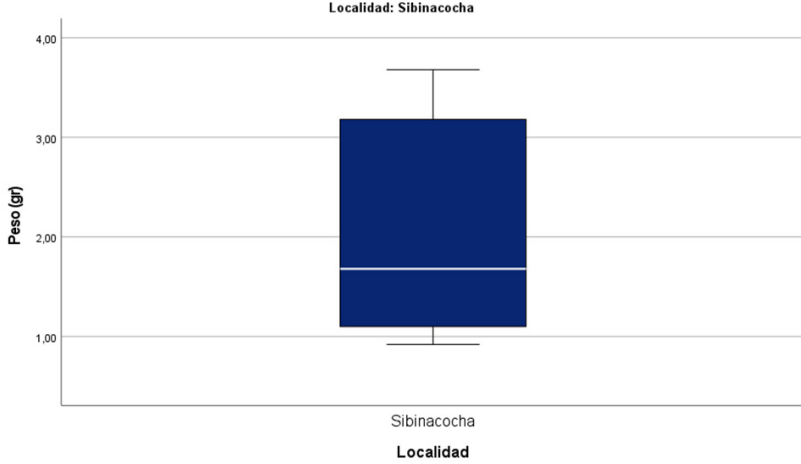


Figura 47. Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Huaypo

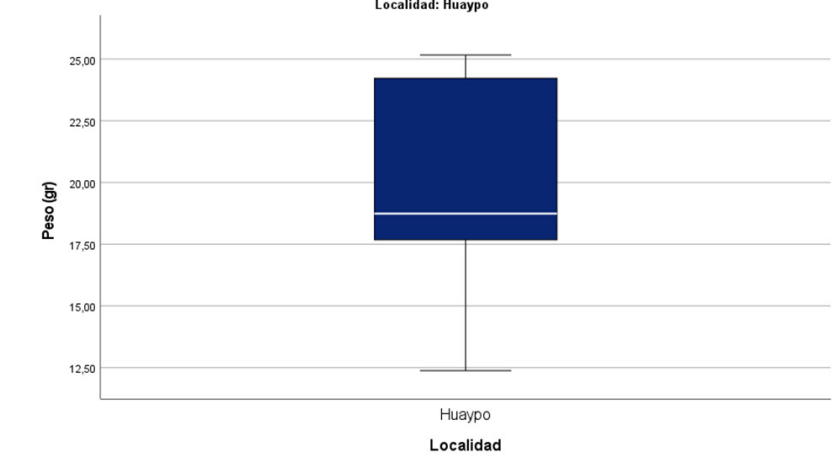
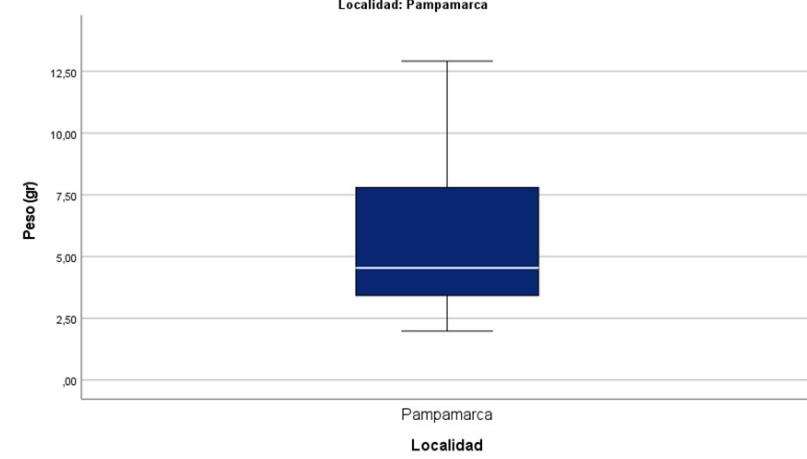


Figura 48. Diagrama de cajas del peso (gr) de Orestias en la laguna de Pampamarca



4.1.2.1 Peso del género *Orestias* en la laguna de Pomacanchi

En la tabla 10, se observan los valores descriptivos del peso (g) del género *Orestias* en la laguna Pomacanchi. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de $22,6267 \pm 2,454$ g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene un peso superior a 20,42 g y el otro 50% de la población un valor inferior a 20,42 g. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar, es de 6,0129 g, y la varianza es de 36,1551 g². El individuo que tuvo el menor peso durante la evaluación de campo fue de 17,68 g, mientras que el de mayor tamaño tuvo 32,60 g, existiendo un rango de 14,92 g.

La asimetría de 1,0594 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de -0,044 muestra que la distribución es prácticamente normal.

La dispersión de los pesos de las *Orestias* de la laguna Pomacanchi, sugieren que una población relativamente uniforme con respecto a sus pesos sin embargo la asimetría indica una ligera inclinación a la derecha sugiere que existen individuos más pesados con respecto a la media, como se observa en la figura 33.

Podría indicar un dimorfismo sexual correlacionada a la longitud de las *Orestias* de la laguna de Pomacanchi.

En la figura 41, se observa el diagrama de cajas y bigotes del peso (g) de la población de *Orestias* de la laguna de Pomacanchi, se observa una distribución de la mediana menores a 20 g y la otra mitad mayor a este valor, teniendo valores máximos de hasta 32g, la ausencia de valores atípicos nos indica que la mayoría de los individuos adultos se encuentra dentro del rango.

4.1.2.2 *Peso del género Orestias en la laguna de Piuray*

En la tabla 10, se observan los valores descriptivos del peso (g) del género *Orestias* en la laguna Piuray. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de $24,9821 \pm 0,691$ g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene un peso superior a 24,54 g y el otro 50% de la población un valor inferior a 24,54 g. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar, es de 3,01350 g, y la varianza es de 9,081 g². El individuo que tuvo el menor peso durante la evaluación de campo fue de 19,64 g, mientras que el de mayor tamaño tuvo 33,02 g, existiendo un rango de 13,38 g, como se observa en la figura 34.

La asimetría de 0,7417 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de 1,747 muestra que la distribución es más puntiaguda que una distribución normal, indicando una mayor presencia de valores atípicos en los datos.

La dispersión relativamente baja con respecto a los pesos de las *Orestias* en la laguna de Piuray, sugiere una población relativamente uniforme con respecto a sus pesos, sin embargo, existen valores atípicos, que podrían indicar una correlación con la longitud de *Orestias* de mayor tamaño, podría tratarse de un marcado dimorfismo sexual o la presencia de más de una especie en la laguna de Piuray.

En la figura 42, se observa el diagrama de cajas y bigotes del peso (g) de la población de *Orestias* de la laguna de Piuray, se observa una distribución de la mediana menores a 24 g y la otra mitad mayor a este valor, teniendo valores máximos de hasta 33g, se presenta de valores atípico de adultos que pesan mayor al promedio, sin embargo, la mayoría de los individuos adultos se encuentra dentro del rango.

4.1.2.3 Peso del género *Orestias* en la laguna de Languilayo

En la tabla 10, se observan los valores descriptivos del peso (g) del género *Orestias* en la laguna Languilayo. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de $14,5840 \pm 1,44$ g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene un peso superior a 12,10 g y el otro 50% de la población un valor inferior a 12,10 g. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar, es de 7,21725 g, y la varianza es de 52,089 g². El individuo que tuvo el menor peso durante la evaluación de campo fue de 9,74 g, mientras que el de mayor tamaño tuvo 44,92 g, existiendo un rango de 35,18 g, como se observa en la figura 35.

La asimetría de 3,5223 indica que la distribución de los datos tiene una fuerte inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de 13,765 muestra que la distribución es mucho más puntiaguda que una distribución normal, indicando una mayor presencia de valores atípicos en los datos.

La alta curtosis sugiere, indicando una presencia significativa de valores atípicos con respecto a los pesos, es probable que se trate de más de una población de *Orestias* en la laguna de languilayo, también podría indicar variaciones en la competencia por recursos, donde unos pocos individuos dominan y obtienen más recursos, permitiéndoles crecer más que la mayoría de la población.

En la figura 43, se observa el diagrama de cajas y bigotes del peso (g) de la población de *Orestias* de la laguna de Languilayo, se observa una distribución de la mediana de 12g y la otra mitad mayor a este valor, teniendo valores máximos de hasta 44g, se presenta de valores atípicos de adultos que pesan mayor al promedio, esto podría indicar que existen individuos en la población que alcanzan pesos mayores correlacionados a la longitud.

4.1.2.4 Peso del género *Orestias* en el humedal de Lucre-Huacarpay

En la tabla 10, se observan los valores descriptivos del peso (g) del género *Orestias* en la laguna Lucre-Huacarpay. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de $5,1900 \pm 0,812$ g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene un peso superior a 4,40 g y el otro 50% de la población un valor inferior a 4,40 g. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar, es de 2,56945 g, y la varianza es de 6,602 g². El individuo que tuvo el menor peso durante la evaluación de campo fue de 1,78 g, mientras que el de mayor tamaño tuvo 10,00 g, existiendo un rango de 8,2200 g, como se observa en la figura 36.

La asimetría de 0,8001 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de -0,120 muestra que la distribución es prácticamente normal.

La dispersión moderada de los pesos de *Orestias* del humedal Lucre-Huacarpay es relativamente uniforme, la mayoría de los valores se agrupan alrededor de la media, sin embargo, existe, el rango podría indicar también una diferencia de dimorfismo sexual, debido a que correlacionado con la longitud promedio de la población no existen valores extremos.

En la figura 44, se observa el diagrama de cajas y bigotes del peso (g) de la población de *Orestias* del humedal Lucre-Huacarpay, se observa una distribución de la mediana de 4.4 g y la otra mitad mayor a este valor, teniendo valores máximos de hasta 10g, no se presentan valores atípicos, nos sugiere una población relativamente uniforme de adultos dentro del rango.

4.1.2.5 Peso del género *Orestias* en la laguna de Qoricocha

En la tabla 10, se observan los valores descriptivos del peso (g) del género *Orestias* en la laguna Qoricocha. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de $2,6959 \pm 0,57$ g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene un peso superior a 2,60 g y el otro 50% de la población un valor inferior a 2,60 g. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar, es de 0,84884 g, y la varianza es de 0,721 g². El individuo que tuvo el menor peso durante la evaluación de campo fue de 1,32 g, mientras que el de mayor tamaño tuvo 4,72 g, existiendo un rango de 3,40 g, como se observa en la figura 37.

La asimetría de 0,7091 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de 0,146 muestra que la distribución es prácticamente normal.

La dispersión moderada de los pesos de *Orestias* de la laguna Qoricocha, sugieren una población uniforme con respecto a sus pesos, la asimetría indica una ligera inclinación a la derecha, sugiriendo que existen individuos que han alcanzado pesos mayores, podría indicar dimorfismo sexual relacionado a que las hembras maduras suelen estar cargada de huevos en su época reproductiva a contraste de los machos que suelen tener pesos menores correlacionándose con sus tamaños.

En la figura 45, se observa el diagrama de cajas y bigotes del peso (g) de la población de *Orestias* la laguna de Qoricocha, se observa una distribución relativamente simétrica, con valores máximos de hasta 4 g, se presentan valores atípicos que sugiere que existen individuos adultos que logran pesar más que el promedio.

4.1.2.6 Peso del género *Orestias* en la laguna de Sibinacocha

En la tabla 10, se observan los valores descriptivos del peso (g) del género *Orestias* en la laguna Sibinacocha. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de $2,0400 \pm 0,477$ g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene un peso superior a 1,68 g y el otro 50% de la población un valor inferior a 1,68 g. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar, es de 1,17023 g, y la varianza es de 1,369 g². El individuo que tuvo el menor peso durante la evaluación de campo fue de 0,92 g, mientras que el de mayor tamaño tuvo 3,68 g, existiendo un rango de 2,76 g, como se observa en la figura 38.

La asimetría de 0,5740 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de -1,855 muestra que la distribución es más plana que una distribución normal, indicando colas menos extremas y una menor presencia de valores atípicos en los datos.

La baja dispersión de los pesos de las *Orestias* en la laguna Sibinacocha, sugiere una población relativamente homogénea con respecto a sus pesos, la ligera inclinación a la derecha sugiere que existen individuos que han alcanzado mayores pesos, sin embargo no son valores extremos, la uniformidad de estos pesos a comparación de otras lagunas podría indicar también la disponibilidad de recursos de la laguna de Sibinacocha con respecto a lagunas más productivas donde los peces alcanzan mayores pesos.

En la figura 46, se observa el diagrama de cajas y bigotes del peso (g) de la población de *Orestias* la laguna de Sibinacocha, se observa una distribución relativamente simétrica, con valores máximos de hasta 3.6 g, no se presentan valores atípicos, esta laguna presentan adultos con tallas menores en comparación a otras lagunas.

4.1.2.7 Peso del género *Orestias* en la laguna de Huaypo

En la tabla 10, se observan los valores descriptivos del peso (g) del género *Orestias* en la laguna Huaypo. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de $19,4867 \pm 1,924$ g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene un peso superior a 18,74 g y el otro 50% de la población un valor inferior a 18,74 g. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar, es de 4,71370 g, y la varianza es de 22,219 g². El individuo que tuvo el menor peso durante la evaluación de campo fue de 12,38 g, mientras que el de mayor tamaño tuvo 25,16 g, existiendo un rango de 12,78g, como se observa en la figura 39.

La asimetría de -0,2309 indica que la distribución de los datos es prácticamente simétrica. Mientras que la curtosis de -0,427 muestra que la distribución es ligeramente más plana que una distribución normal, indicando colas menos extremas y una menor presencia de valores atípicos en los datos.

La baja dispersión sugiere que no hay una fuerte inclinación entre individuos de menor y mayor peso contrastado con los valores de la asimetría, la población de *Orestias* en la laguna de Huaypo es relativamente uniforme existiendo una moderada variabilidad con respecto a sus pesos.

En la figura 47, se observa el diagrama de cajas y bigotes del peso (g) de la población de *Orestias* la laguna de Huaypo, se observa una distribución con valores máximos de hasta 25g, no se presentan valores atípicos, esta laguna una distribución relativamente simétrica.

4.1.2.8 Peso del género *Orestias* en la laguna de Pampamarca

En la tabla 10, se observan los valores descriptivos del peso (g) del género *Orestias* en la laguna Pampamarca. Se puede observar que, en promedio, tienen un peso de $6,2133 \pm 1,223$ g, mientras que el 50% de toda la población de *Orestias* de esta laguna tiene un peso superior a 4,54 g y el otro 50% de la población un valor inferior a 4,54 g. La dispersión de los valores de peso, respecto a la desviación estándar, es de 3,66993 g, y la varianza es de 13,468 g². El individuo que tuvo el menor peso durante la evaluación de campo fue de 1,98 g, mientras que el de mayor tamaño tuvo 12,92 g, existiendo un rango de 10,94 g, como se observa en la figura 40.

La asimetría de 0,8185 indica que la distribución de los datos tiene una ligera inclinación hacia la derecha. Mientras que la curtosis de -0,378 muestra que la distribución es ligeramente más plana que una distribución normal, indicando colas menos extremas y una menor presencia de valores atípicos en los datos.

La alta dispersión de pesos en *Orestias* de la laguna de Pampamarca, sugiere que no existe uniformidad de pesos en los individuos, podría incluso sugerir dimorfismo sexual en más de una población de *Orestias* en la laguna, la asimetría indica una ligera inclinación a la derecha indicando que existe más individuos con pesos mayores en contraste con valores altos que son menos frecuentes.

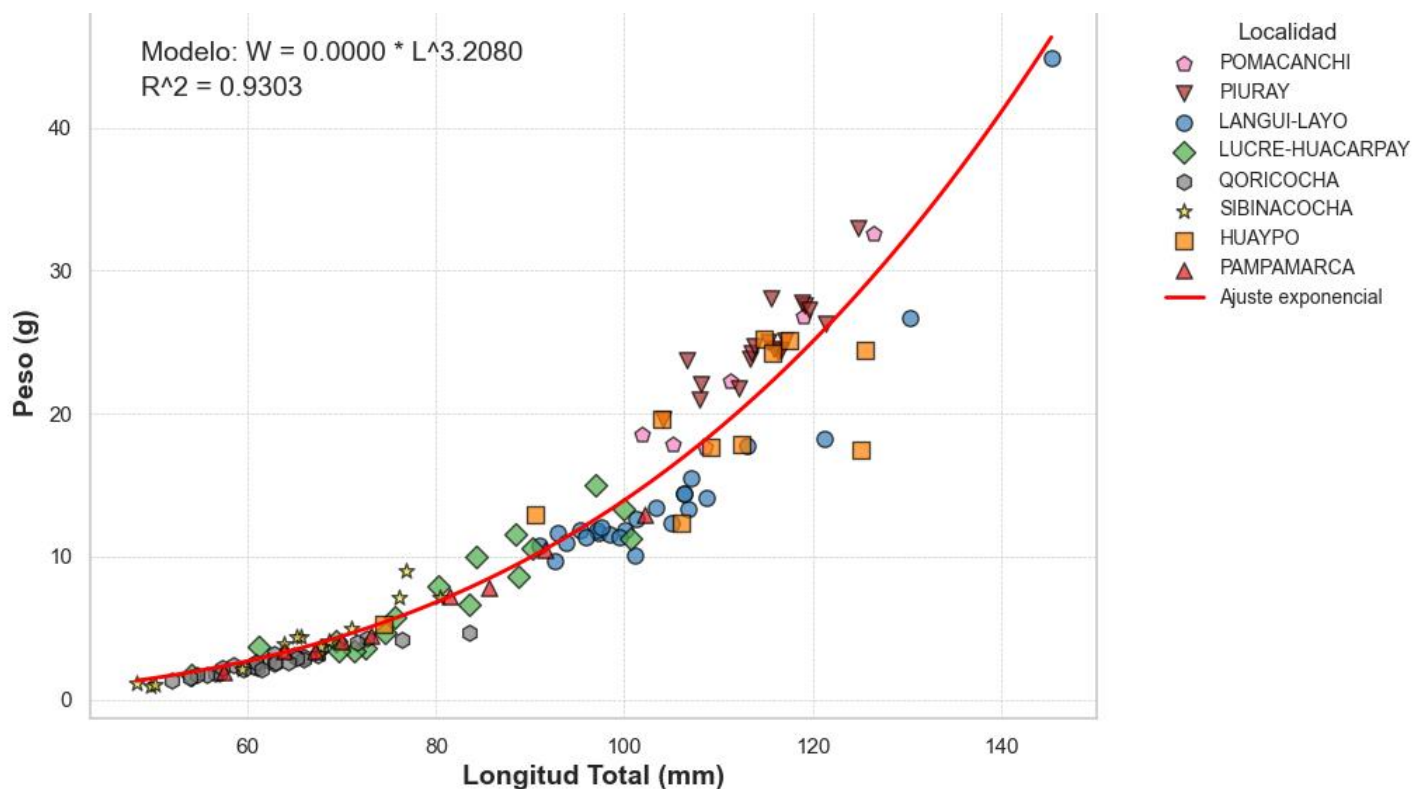
En la figura 48, se observa el diagrama de cajas y bigotes del peso (g) de la población de *Orestias* la laguna de Pampamarca, se observa una distribución con valores máximos de hasta 12,92g, no se presentan valores atípicos, con una mediana de 4,54 es decir que la mitad de la población tiene valores de peso mayor a la mediana y la otra mitad valores menores a este peso.

4.1.3 Regresión alométrica entre peso y talla de las poblaciones de *Orestias*

En el análisis de la relación alométrica entre la longitud total (L) y el peso (W) de ejemplares adultos del género *Orestias* recolectados en lagunas altoandinas del departamento del Cusco, como se muestra en la Figura 49. Este modelo presentó un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9303$, lo que indica que el 93.03% de la variabilidad en el peso puede explicarse a partir de la longitud total de los peces, evidenciando un ajuste muy robusto.

El valor del exponente alométrico $b=3.2080$ sugiere un crecimiento alométrico positivo, es decir, los peces incrementan su peso a un ritmo mayor que su longitud, así mismo se observa diferencias entre las poblaciones de las lagunas, que podrían deberse a factores ambientales que afectan su crecimiento y peso.

Figura 49. Diagrama de dispersión de regresión alométrica entre peso y talla



4.1.4 Análisis de factor de condición (FC) de las poblaciones de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco

Se realizó un análisis del factor de condición (K) por localidad para las poblaciones de *Orestias* en las lagunas estudiadas. Los resultados mostraron como se observa en la tabla 11, que las poblaciones con mejor estado corporal se encontraron en las lagunas Piuray, Pomacanchi, Sibinacocha y Huaypo, al presentar valores de K superiores o cercanos a 1. En contraste, las localidades de Lucre-Huacarpay, Pampamarca, Langui-Layo y Qoricocha presentaron valores ligeramente inferiores a 1, lo que sugiere un estado corporal regular.

Una posible explicación para estas diferencias radica en la presencia y densidad de especies exóticas que favorece la competencia por los recursos alimenticios y depredación a las especies nativas. Por ejemplo, Piuray, que no ha sufrido introducciones recientes de especies foráneas, presenta uno de los mejores estados corporales. Pomacanchi, a pesar de la presencia del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), y Sibinacocha, con poblaciones menores de especies exóticas hasta el momento del muestreo, también presentan buenos valores de K.

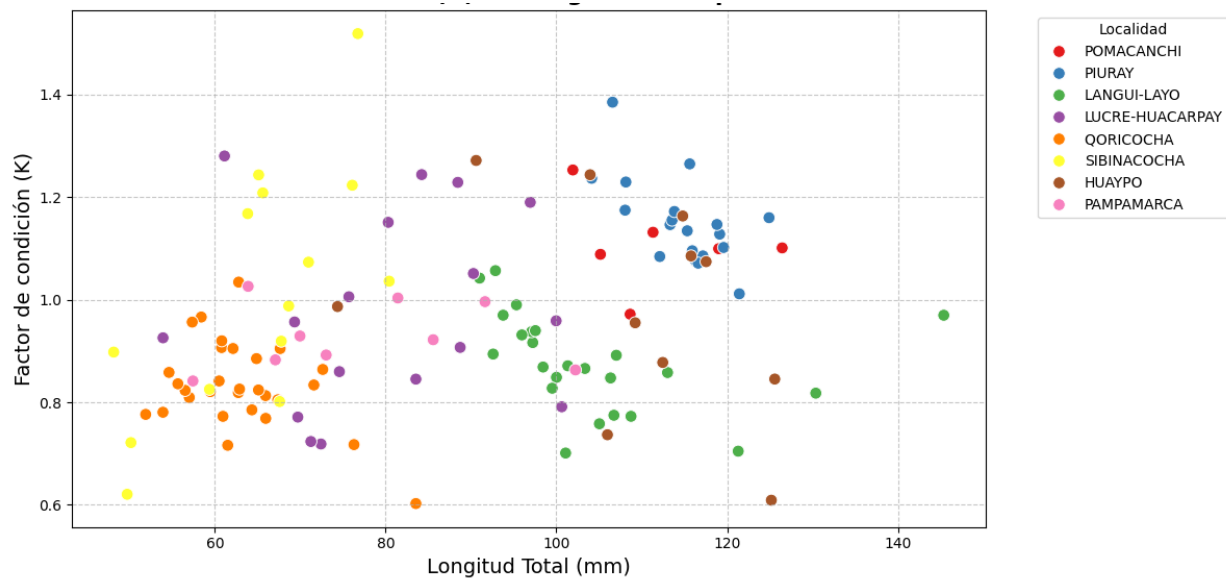
En contraste, lagunas como Pampamarca y Langui-Layo muestran introducciones de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), mientras que Lucre-Huacarpay alberga carpa (*Cyprinus carpio*) y pejerrey, lo que podría estar afectando negativamente la condición corporal de las poblaciones nativas de *Orestias*. En el caso de Qoricocha, aunque no se observaron especies exóticas durante el muestreo, se reportó una alta densidad de poblaciones de *Orestias*, lo que se sugiere que podría reducir la disponibilidad de recursos alimenticios y, por ende, afectar su condición.

Cabe resaltar que, además de la presencia de especies introducidas, otros factores como la presión antrópica, la calidad del hábitat y las condiciones ecológicas locales también pueden influir en los valores del factor de condición.

Tabla 11. *Factor de condición de las poblaciones de Orestias*

LOCALIDAD	K
PIURAY	1.15
POMACANCHI	1.11
SIBINACOCHA	1.02
HUAYPO	0.99
LUCRE-HUACARPAY	0.98
PAMPAMARCA	0.93
LANGUI-LAYO	0.88
QORICOCHA	0.83

Figura 50. *Scatterplot del factor de condición vs la longitud de las poblaciones del género Orestias*



Así mismo, se observa en la Figura N° 50 el *scatterplot* del factor de condición por individuo frente a la longitud total (mm). Se evidencian diferenciaciones entre las poblaciones de las lagunas estudiadas, destacando contrastes como los de Piuray respecto a Qoricocha, y Sibinacocha frente a Pomacanchi o Langui-Layo. Si bien este gráfico es solo una visualización del factor en relación con la longitud de los peces, permite apreciar que cada laguna presenta un estado corporal distinto en sus poblaciones.

4.2 Caracterización de las factores ambientales y variables morfológicas de las poblaciones del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco

4.2.1 Características de los factores ambientales en lagunas altoandinas

Tabla 12. *Parámetros fisicoquímicos de las lagunas altoandinas*

LAGUNA	pH	T°	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	Salinidad (ppm)	TDS (ppm)	OD (ppm)
Huaypo	8,38	18,1	4,04	2,22	2,03	7,9
Pomacanchi	8,08	15,8	11,2	0,01	6	8,6
Qoricocha	8,42	13,2	56,1	0,03	27,7	10,8
Piuray	9,43	17,3	448	0,22	225	9,43
Urcos	8,19	21,2	1422	0,99	830	7,5
Pampamarca	8,01	20,3	1240	0,72	618	9,7
Asnacocha	8,9	17,8	1714	10,48	8,6	10,6
LanguiLayo	8,44	16,16	625	0,31	312	6,67
Sibinacocha	7,17	7,6	173	0,01	86.16	8,1
Lucre- Huacarpay	7,46	22,2	787	0,46	394	6,5

En la Tabla 12 y figura 51 se observa los parámetros fisicoquímicos de las lagunas estudiadas en el presente estudio, se tomó los parámetros fisicoquímicos como: pH, T°, Conductividad, Salinidad, Solidos totales disueltos, Oxígeno disuelto.

Las lagunas mantuvieron un pH ligeramente inclinado hacia la alcalinidad, la laguna que presento mayor alcalinidad fue la laguna de Piuray con pH de 9.43, seguida de la laguna de Asnacocha con un pH de 8.9, el humedal de Lucre-Huacarpay con 7,46 ubicándola dentro de un rango de pH neutro al igual que la laguna de Sibinacocha, las demás lagunas se mantuvieron dentro del pH de 8.

Con respecto a la T° la laguna que presentó mayor temperatura fue el humedal de Lucre-Huacarpay con 22,2 °C y la laguna que presentó menor temperatura fue la laguna de Sibinacocha con 7,6 °C, este parámetro presentó una mayor variabilidad en las lagunas del presente estudio.

Así mismo, la conductividad fue alta en las lagunas de Asnacocha seguida de Urcos y Pampamarca, sugiere que estas lagunas presentan sales disueltas, minerales u otros componentes

iónicos en mayor cantidad a comparación de las demás lagunas del estudio, la laguna que presentó menor conductividad fue la laguna de Huaypo, las demás lagunas presentaron una conductividad en el rango de 400 – 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Con respecto a la salinidad la laguna que presentó mayor salinidad fue la laguna de Asnacocha con 10.48 ppm podría sugerir principalmente a la composición y erosión geológica de la zona, todas las demás lagunas presentaron algún grado leve de salinidad destacando entre esta laguna de Huaypo que presenta una salinidad de 2.22 ppm y la alguna de Urcos con 0.99 ppm, las demás lagunas presentaron una salinidad menor a 1.

Los sólidos totales disueltos presentaron un mayor valor en las lagunas Urcos y Pampamarca, la que presentó menor valor fue la laguna de Huaypo, Pomacanchi y Asnacocha.

Los valores de oxígeno disuelto fueron mayores en las lagunas de Qoricocha, Asnacocha con valores en el rango de 10 mg/L y con menor valor fue el humedal de Lucre-Huacarpay con un valor de 6,5 mg/L.

De acuerdo con el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (ECA, Categoría 4 — Subcategoría E1: lagunas y lagos), las mediciones in situ mostraron que Huaypo, Pomacanchi, Qoricocha, Langui-Layo, Sibinacocha y Lucre-Huacarpay se encuentran dentro de los umbrales establecidos para pH (6.5–9.0), oxígeno disuelto ($\geq 5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) y conductividad ($\leq 1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). En contraste, Piuray presentó pH por encima del límite (pH = 9.43) y las lagunas Urcos ($1422 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), Pampamarca ($1240 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) y Asnacocha ($1714 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) excedieron el umbral de conductividad.

Figura 51. *Figura de barras de los factores ambientales en lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

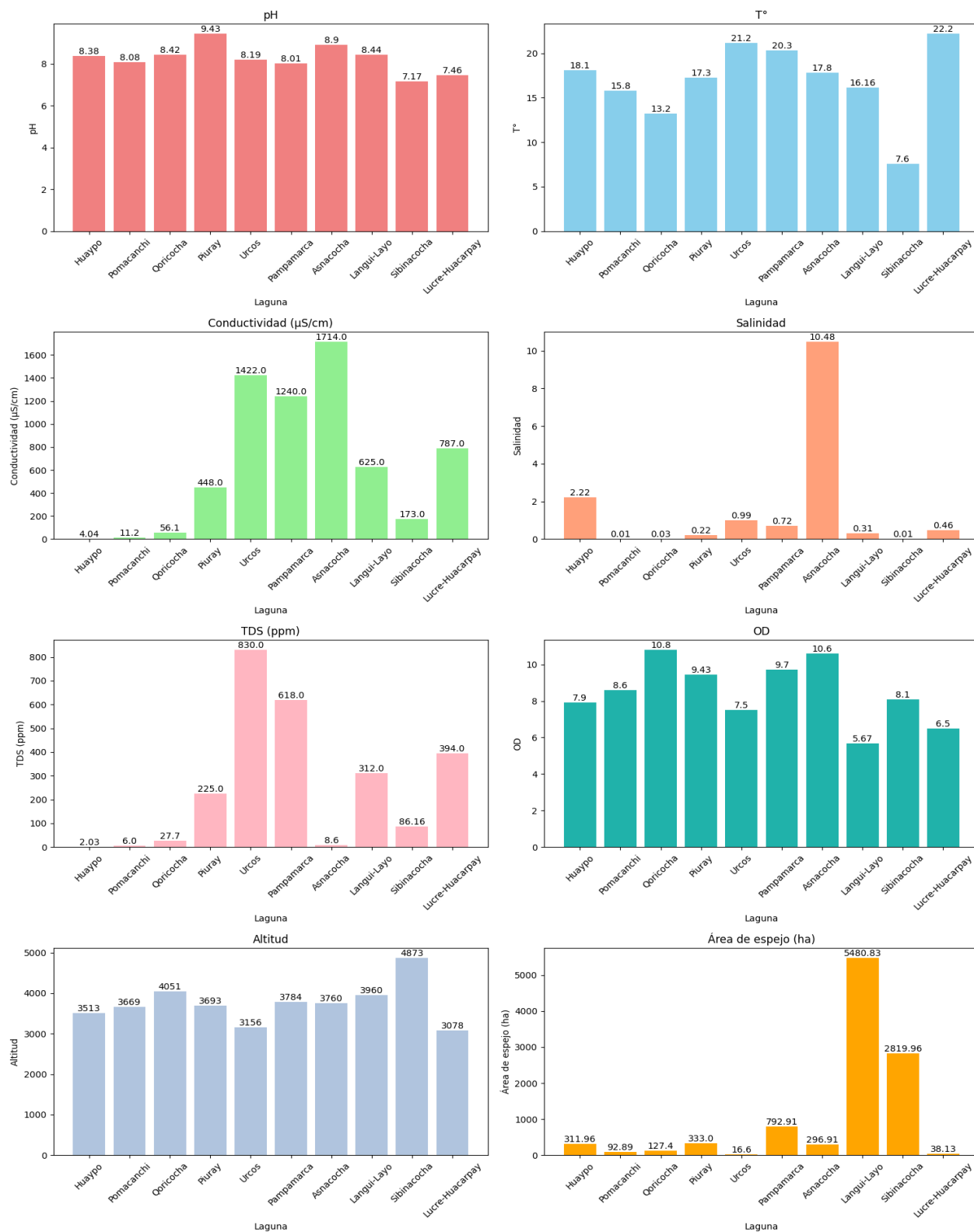


Tabla 13. *Características geográficas de las lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

Cuerpo acuatico	Altitud	Área de espejo (ha)	Ubicación Geográfica	
			X	Y
Laguna Sibinacocha	4873	2820	281685	8466195
Laguna Qoricocha	4051	127	180776	8513003
Laguna Languilayo	3960	5481	260492	8397667
Laguna Pampamarca	3784	793	232476	8435899
Laguna Asnacocha	3760	297	232532	8439097
Laguna de Piuray	3693	333	821303	8514819
Laguna de Pomacanchi	3669	2165	225145	8450581
Laguna de Huaypo	3513	312	811222	8516443
Laguna de Urcos	3156	17	215428	8485223
Humedal Lucre -Huacarpay	3078	38	205448	8492712

En la Tabla 13 se observa las características geográficas de las lagunas del presente estudio, se observa la altitud, área expresada en hectáreas y la ubicación UTM de cada una de ellas, se observa que la laguna ubicada a mayor altitud es la laguna de Sibinacocha a 4873 msnm y que el humedal Lucre-Huacarpay se encuentra a 3078 msnm ubicada a la menor altitud en el presente análisis.

Con respecto al área se observa en la figura 52 que la laguna con mayor área de espejo es la laguna de Languilayo con 5480.83 ha, y el cuerpo acuático de Lucre (Waton) con 16.60 ha sido la de menor de área de espejo.

Figura 52. Área de espejo (ha) de las lagunas altoandinas del departamento del Cusco

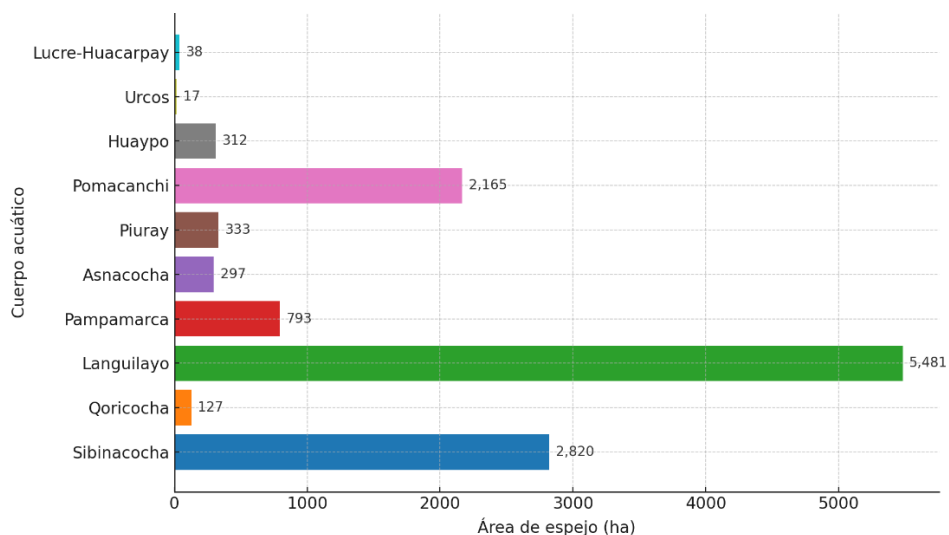
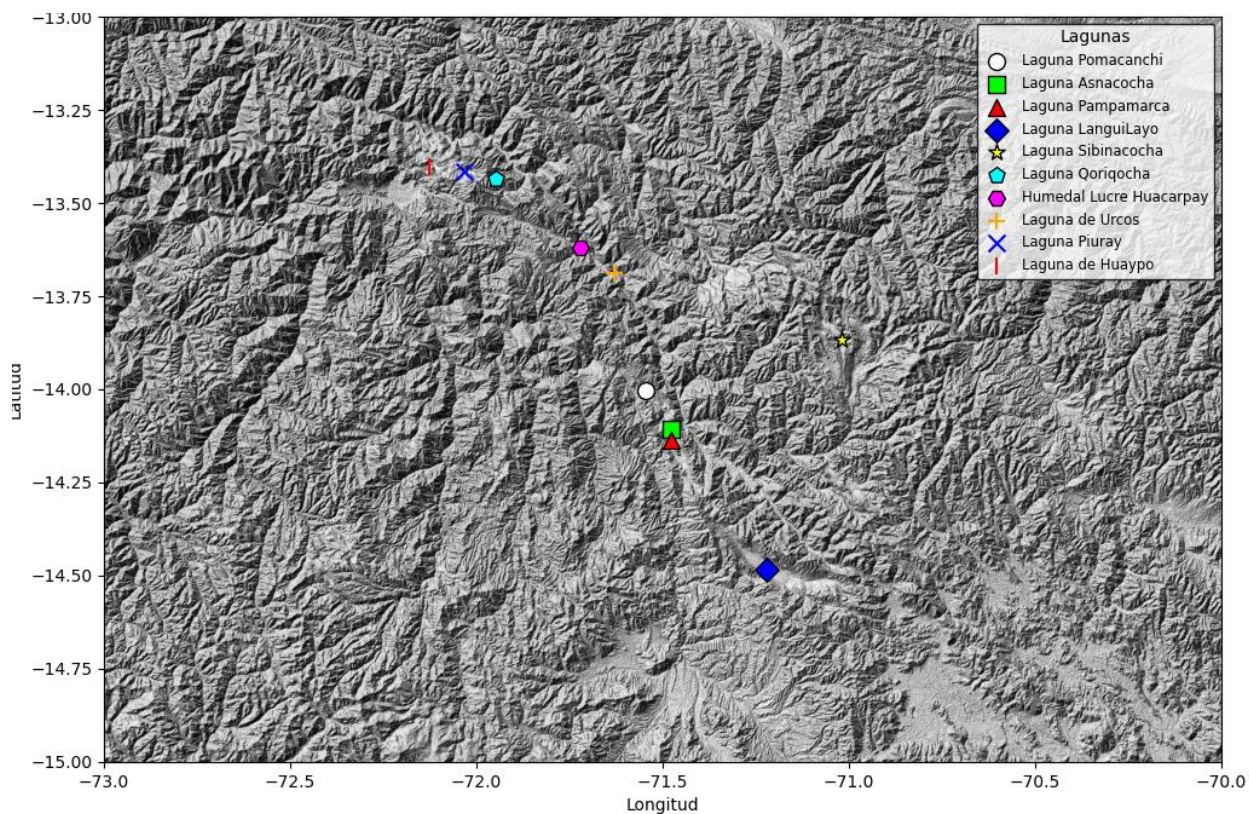


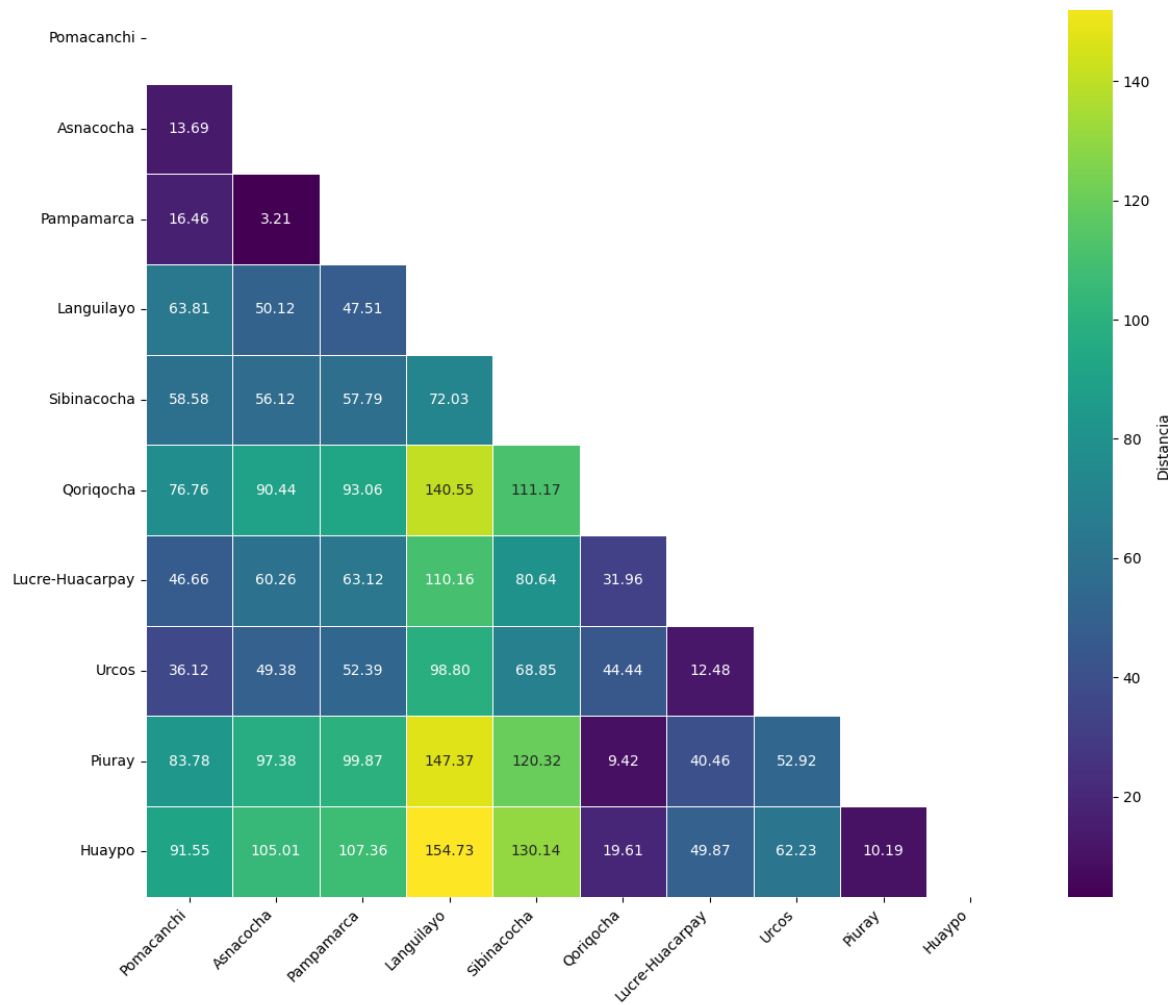
Figura 53. Ubicación espacial de las lagunas altoandinas del departamento de Cusco



En la figura 53 se observa la ubicación en el espacio de las lagunas del presente estudio expresado en el sistema de coordenadas geográficas con datum WGS84, se observa que las lagunas

de Huaypo, Piuray y Qoricocha se encuentran más cercanas entre sí en el espacio de coordenadas, al igual que el humedal Lucre-Huacarpay y Urcos como también Pomacanchi, Asnacocha y Pampamarca, las lagunas más aisladas en el presente estudio son las lagunas de Sibinacocha y Languilayo.

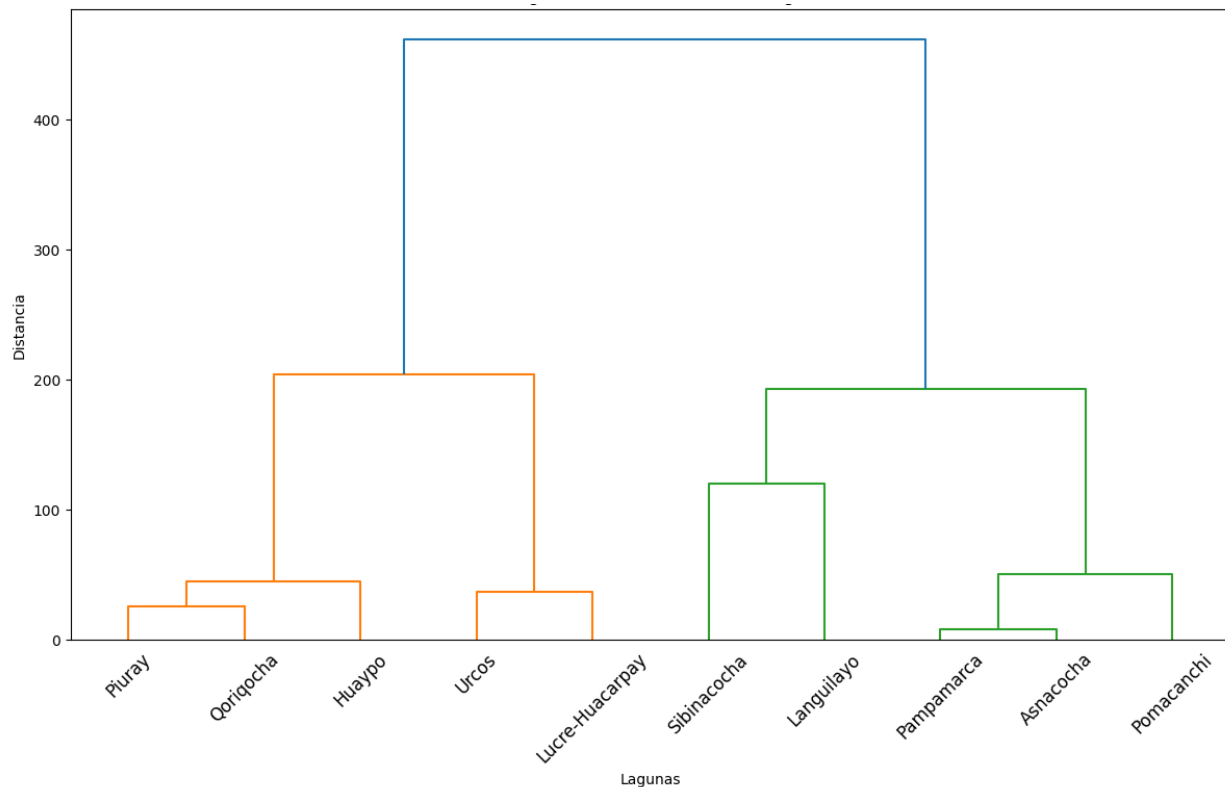
Figura 54. *Mapa de calor de las distancias (Km) de las lagunas altoandinas en el departamento de Cusco*



En la figura 54 se observa el mapa de calor de las distancias expresadas en kilómetros, se observa que lHuaypo conPampamarca y Asnacocha son las más cercanas entre si con una separación de 3.21 km, seguidas de las lagunas Piuray y Huaypo con 10.19 km de separación así

mismo la laguna de Urcos y Huacarpay con una separación de 12.48 km y las lagunas más distantes son Languilayo y Huaypo con una separación de 154.73 km de distancia, seguidas de Piuray y Languilayo con 147.37 km así mismo Qoricocha y Languilayo con 140.55 km de distancia.

Figura 55. *Dendograma de distancias de las lagunas altoandinas del presente estudio*



En la figura 55, se observa el dendrograma de las distancias expresadas en kilómetros, se observa que se forman dos grandes grupos en cuanto a sus distancias el primer grupo está formado por las lagunas Piuray, Qoricocha, Huaypo, Urcos y el humedal Lucre-Huacarpay, se observa así mismo el segundo grupo conformado por las lagunas Sibinacocha, Languilayo, Pampamarca, Asnacocha y Pomacanchi, estos dos grandes grupos se encuentran separados relevantemente en el espacio geográfico.

Así mismo, se observa dentro de este primer grupo dos subgrupos el primero conformado por las lagunas de Piuray, Qoricocha y Huaypo, siendo estas dos primeras menos distantes entre

sí separadas por 9.42 km, luego un segundo subgrupo conformado por el humedal Lucre-Huacarpay y laguna de Urcos separadas por 12.48 km.

Se observa el segundo grupo dos subgrupos distantes en el espacio, el primero conformado por la laguna de Sibinacocha y Languilayo con una separación de 72.03 km, el segundo subgrupo conformado por las lagunas Pampamarca, Asnacocha y Pomacanchi estos dos primeros con una separación de 3.21 km en el espacio geográfico.

Tabla 14. *Pendiente media de la cuenca las lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

Laguna	Pendiente media de la cuenca (%)
Sibinacocha	20.50
Qoricocha	19.71
Languilayo	19.67
Pampamarca	18.32
Asnacocha	21.10
Piuray	23.39
Pomacanchi	24.72
Huaypo	10.93
Urcos	41.06
Lucre -Huacarpay	38.66

En la tabla 14, se observa la pendiente media de la cuenca asociada a las lagunas altoandinas tomadas en el presente estudio, así mismo, se presenta que la laguna con una mayor pendiente media es la laguna de Urcos (41.06%), seguida del humedal Lucre-Huacarpay (38.66%), la laguna con menor pendiente media fue la laguna de Huaypo (10.93%). A continuación, se caracteriza la pendiente por cuenca de cada laguna del presente estudio:

Laguna Sibinacocha

En la tabla 14 se observa la pendiente media de la cuenca de la laguna Sibinacocha. La mayor superficie de la cuenca (5 140.25 ha) presenta pendientes entre 12–25 %, lo que la clasifica como fuertemente ondulada, en concordancia con su pendiente promedio de 20.50 %.

Laguna Qoricocha

En la tabla 14, la cuenca de la laguna de Qoricocha tiene su mayor área (682.847 ha) con pendientes de 12–25 %, por lo que se clasifica como fuertemente ondulada; esto se correlaciona con su pendiente promedio de 19.71 %, que se ubica dentro del rango esperado.

Laguna Languilayo

En la tabla 14 se observa que en la cuenca de la laguna Languilayo, la cuenca presenta la mayor superficie (17 221.1 ha) con pendientes de 12–25 %, clasificándola también como fuertemente ondulada. Su pendiente promedio es 19.67 %, consistente con dicha categoría.

Laguna Pampamarca

En La Tabla 14 muestra que la mayor área de la cuenca de la laguna de Pampamarca (6 348.82 ha) se sitúa en el rango de pendiente 12–25 %, clasificándose como fuertemente ondulada, concordando con su pendiente promedio de 18.32 %.

Asnacocha:

En la tabla 14 se observa para la cuenca de la laguna de Asnacocha, presenta su mayor superficie (532.286 ha) con pendientes de 12–25 %, por lo que se clasifica como fuertemente ondulada; su pendiente promedio es 21.10 %, dentro del intervalo correspondiente.

Piuray:

En la tabla 14 se observa en la cuenca de la laguna de Piuray que la mayor área de la cuenca (1 374.36 ha) se encuentra en el intervalo de pendiente 25–50 %, lo que la categorizaría como

fuertemente quebrada. No obstante, su pendiente promedio es 23.39 %, valor que, en términos promedio, la ubicaría como fuertemente ondulada (12–25 %), indicando heterogeneidad en la distribución de pendientes dentro de la cuenca.

Pomacanchi

En la tabla 14 se observa la pendiente en la cuenca de la laguna de Pomacanchi que muestra la mayor superficie (10 445.8 ha) en el rango de pendiente 25–50 %, lo que la clasifica como fuertemente quebrada. Sin embargo, su pendiente promedio es 24.72 %, ligeramente por debajo del umbral de la categoría anterior, situándola en promedio como fuertemente ondulada.

Huaypo:

En la tabla 14 indica que la mayor área de la cuenca de la laguna de Huaypo (1 451.59 ha) presenta pendientes de 12–25 %, lo que la clasifica como fuertemente ondulada. No obstante, la pendiente promedio de la cuenca es 10.93 %, que corresponde a una clasificación media de ligeramente inclinada, evidenciando que la porción dominante no siempre refleja la media aritmética de pendientes.

Urcos:

En la tabla 14 en la cuenca de la laguna de Urcos, la mayor área de la cuenca (319.749 ha) presenta pendientes en el rango 25–50 %, lo que la clasifica como fuertemente quebrada; esto se correlaciona con su pendiente promedio de 41.06 %, que se encuentra dentro de la misma categoría.

Lucre -Huacarpay:

En la tabla 14 se observa la pendiente de la cuenca del humedal Lucre-Huacarpay, tiene su mayor superficie (4 502.48 ha) con pendientes de 25–50 %, por lo que se clasifica como fuertemente quebrada; su pendiente promedio de 38.66 % confirma dicha clasificación.

4.2.2 Características morfológicas de las *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

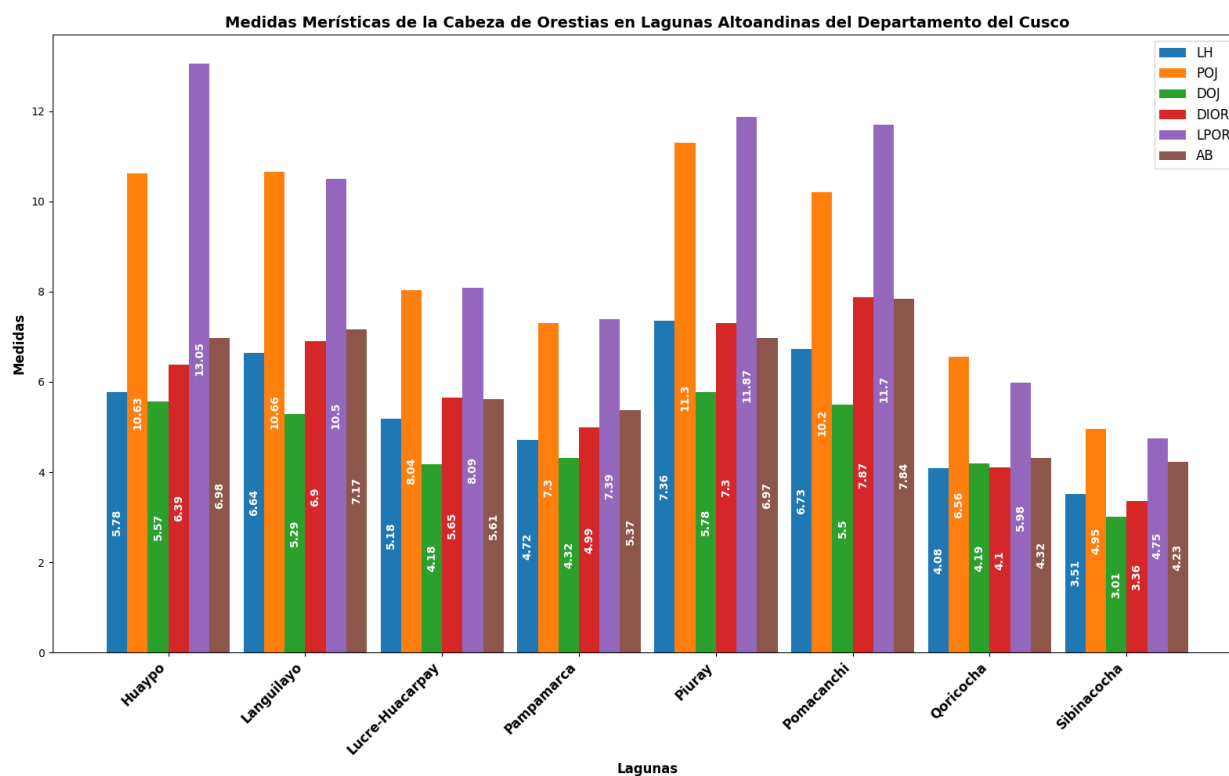
Tabla 15. Promedio de las medidas merísticas de las poblaciones de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco

(mm)	Huaypo	Languilayo	Lucre- Huacarpay	Pampamarca	Piuray	Pomacanchi	Qoricocha	Sibinacocha
Ltotal	110,82	104,29	74,34	76,92	114,76	112,08	62,93	57,12
Lestandar	92,92	85,99	60,25	62,75	94,49	97,8	50,82	46,28
ALC	20,82	18,33	15,03	13,53	21,35	19,91	11,82	9,91
LP	19,77	19,14	13,56	14,44	19,45	23,88	11,31	11,19
AP	13,09	12,54	9,89	9,18	14,34	13,63	7,06	6,46
ANP	3,04	3,61	2,79	3,34	4,78	3,85	2,45	2,2
LAP	15,12	14,69	10,35	9,73	16,4	14,45	9,54	7,66
ALPEC	10,09	9,67	7,14	6,83	11,61	10,19	6,01	5,19
BAPEC	6,54	6,7	4,94	4,73	7,42	6,4	4,13	3,54
LAC	20,9	19,25	15,83	15,47	21,07	19,28	13,29	11,88
AMC	14,96	15,27	13,89	13,43	19,11	17,47	10,51	8,63
LAD	20,49	21,96	16,03	16,05	22,39	22,78	13,46	10,95
BAD	13,01	15,29	11,51	10,98	14,6	15,64	8,6	7,53
LAA	19,16	19,73	13,23	14,44	20,21	19,68	12,37	9,49
BAA	11,83	12,22	8,55	9,02	11,83	13,47	6,99	5,89
LPD	58,69	51,2	36,62	38,43	58,48	58,47	31,64	28,38
LPA	62,75	55,72	38,45	40,85	63,76	63,94	32,31	29,21
LPP	27,85	24,78	17,89	18,95	28,18	27,21	16,61	13,31
LCB	24,6	21,93	16,57	16,47	24,83	23,96	14,26	10,7
ACB	17,07	15	11,62	11,24	18,2	16,12	9,11	7,7
ANCB	18,15	15,27	12,1	10,21	19,58	17,23	8,71	6,45
LH	5,78	6,64	5,18	4,72	7,36	6,73	4,08	3,51
POJ	10,63	10,66	8,04	7,3	11,3	10,2	6,56	4,95
DOJ	5,57	5,29	4,18	4,32	5,78	5,5	4,19	3,01
DIOR	6,39	6,9	5,65	4,99	7,3	7,87	4,1	3,36
LPOR	13,05	10,5	8,09	7,39	11,87	11,7	5,98	4,75
AB	6,98	7,17	5,61	5,37	6,97	7,84	4,32	4,23

En la Tabla 15 se presenta el promedio de las medidas merísticas en el género *Orestias*, se presentan 27 medidas corporales que se tomó por individuo y se promedió por laguna, así mismo, se separa las medidas en medidas de la cabeza: LH: Largo del Hocico, POJ: Posición del Ojo, DOJ: Diámetro del Ojo, DIOR: Distancia interorbital, LPOR: Longitud postorbital, AB: Ancho de

la boca. Así mismo se presentan medidas del cuerpo como Ltotal: Longitud Total, LS: Longitud estándar, ALC: Alto del Cuerpo, LP: Largo del pedunculo, AP: Alto del Pedunculo, ANP: Ancho del pedúnculo. se presentan medidas generales del cuerpo del género *Orestias* como LCB: Largo de la cabeza, LPA: Longitud preanal, LPD: longitud predorsal, LPP: Longitud prepectoral. Así mismo medidas de las aletas, como LAP: Largo aleta pectoral, ALPEC: Alto de aleta pectoral, BAPEC: Base aleta pectoral, medidas de las aletas dorsales como LAD: largo aleta dorsal, BAD: Base aleta dorsal, medidas de las aletas anales como LAA: Largo aleta anal, BAA: Base aleta anal y de la aleta caudal como LAC: Largo aleta caudal, AMC: Alto máximo aleta caudal.

Figura 56. Promedio de las medidas merísticas de la cabeza de las poblaciones de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco



En la Figura 56 se presenta el promedio de las medidas merísticas de la cabeza en el género *Orestias*, se presentan las medidas: LH: Largo del Hocico, POJ: Posición del Ojo, DOJ: Diametro del Ojo, DIOR: Distancia interorbital, LPOR: Longitud postorbital, AB: Ancho de la boca.

Se observa que, con respecto al largo del hocico, los especímenes de *Orestias* de la laguna Piuray presentan una distancia relevante entre el extremo anterior del hocico retraído y el borde óseo de la órbita ocular; por el contrario, los individuos de la laguna Sibinacocha muestran las menores medidas en esta variable. En cuanto a la posición del ojo con relación a la base de la cabeza (medida a la altura de la parte interior de la mandíbula), destacan por un mayor tamaño las poblaciones de Piuray.

Respecto al diámetro ocular, los especímenes de *Orestias* de Piuray presentan el mayor tamaño, seguidas por las de la laguna Huaypo. En la medida de distancia interorbital (separación entre los bordes óseos de las órbitas), sobresalen los ejemplares de Pomacanchi, mientras que los de Sibinacocha muestran la menor separación.

En lo que concierne a la longitud postorbital (desde el borde posterior de la órbita hasta el extremo distal del opérculo en su porción ósea), los especímenes de *Orestias* de Huaypo presentan una mayor longitud postorbital que las demás poblaciones. Finalmente, con respecto al ancho de la boca, los individuos de Pomacanchi exhibieron los mayores valores, siendo las *Orestias* de Qoricocha y Sibinacocha las que mostraron los anchos de boca más reducidos.

Tabla 16. *Valores propios y Varianza del PCA de las medidas merísticas de la cabeza de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

PC	Valores (Eigenvalue)	Varianza (%)
PC1	5.70	0.9827
PC2	0.15	0.0072
PC3	0.10	0.0052
PC4	0.03	0.0025
PC5	0.01	0.0013
PC6	0.01	0.0009

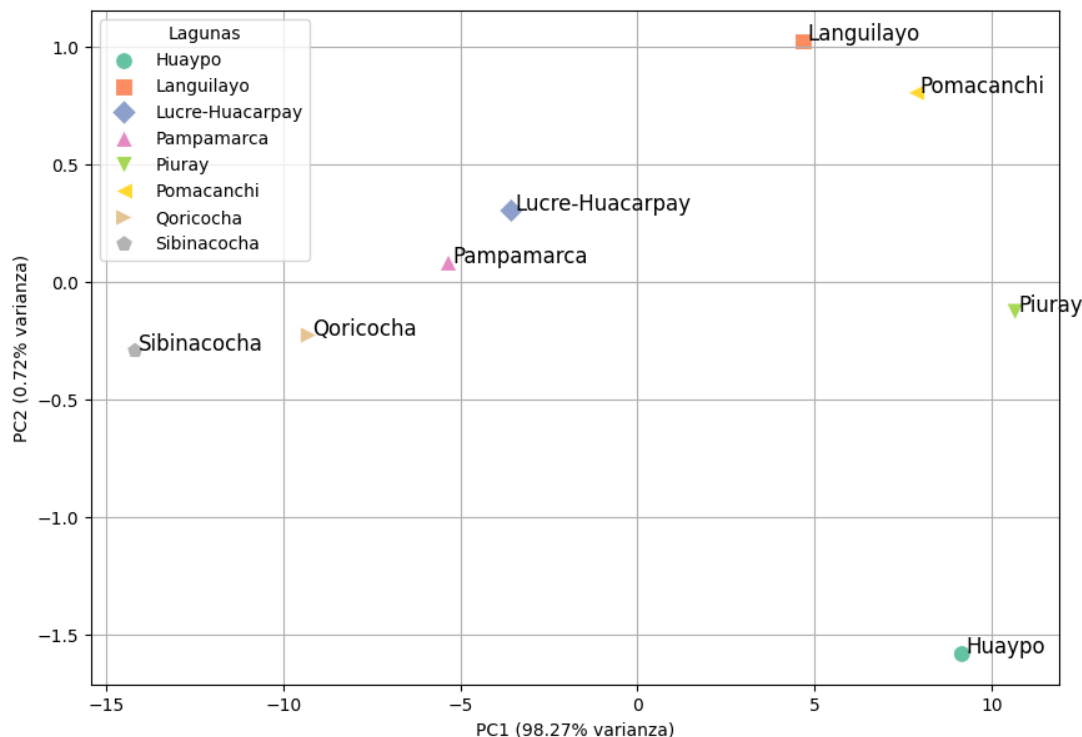
Tabla 17. Cargas de las variables del PCA de las medidas merísticas de la cabeza de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
LCB	0.5741	-0.0132	-0.4531	0.3962	-0.3917	-0.0552	-0.1491	-0.2597
ACB	0.4136	-0.1518	0.3063	0.0012	-0.1064	0.7355	0.3502	0.1927
ANCB	0.5117	-0.1958	0.5401	-0.3121	-0.0441	-0.4636	-0.2679	0.1225
LH	0.1379	0.4987	0.3057	0.0812	0.0024	0.1550	-0.2512	-0.5223
POJ	0.2447	0.2458	0.0807	0.4374	0.7717	-0.0709	0.0674	0.1109
DOJ	0.1002	0.0347	-0.0771	0.3863	-0.1607	-0.2256	0.0564	0.6033
DIOR	0.1608	0.5963	-0.0738	-0.3140	-0.1739	-0.2705	0.6320	0.0313
LPOR	0.3216	-0.3478	-0.4323	-0.3679	0.4175	-0.0435	0.1918	-0.2261
AB	0.1389	0.3893	-0.3331	-0.4055	0.0866	0.2935	-0.5257	0.4233

En la Tabla N.º 16 se presenta el Análisis de Componentes Principales (PCA) de las medidas merísticas de la cabeza de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco. Se observa que el PC1 aporta el 98 % de la varianza y el PC2 el 0,0072 %; en conjunto explican 98,99 % de la varianza. Este valor tan elevado se debe a que las medidas analizadas están fuertemente correlacionadas, al corresponder únicamente a variables tomadas en la región cefálica de los ejemplares.

En la Tabla N.º 17 se muestran las cargas de las variables en el PCA sobre las medidas merísticas de la cabeza. Destaca que, en el PC1 (que agrupa la mayor proporción de la varianza), las variables con mayor aporte son LCB (largo de la cabeza), ACB (alto de la cabeza) y ANCB (ancho de la cabeza), por lo que estas tres medidas capturan la mayor parte de la variabilidad cefálica en las poblaciones de *Orestias* estudiadas. Por su parte, el PC2 presenta cargas altamente positivas en DIOR (distancia interorbital), LH (largo del hocico) y AB (ancho de la boca).

Figura 57. Gráfico de dispersión del PCA de las medidas merísticas promedio de la cabeza del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco



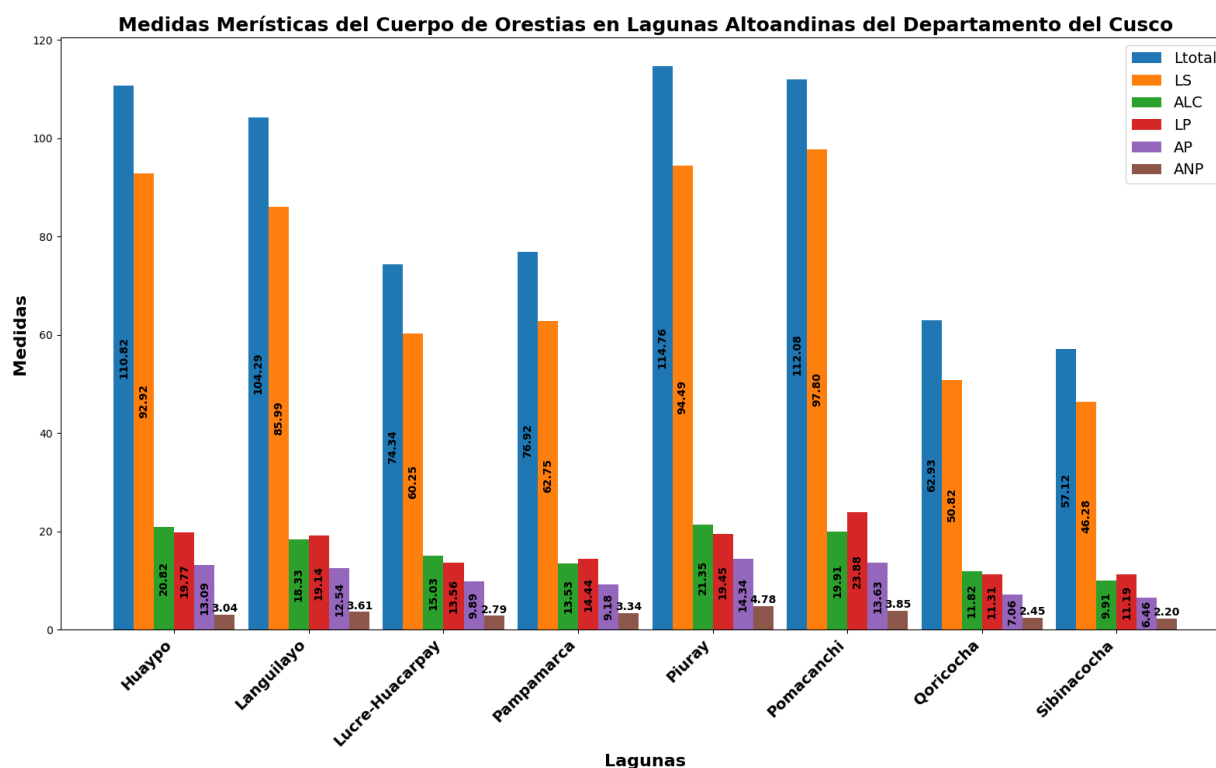
En la Figura 57 se presenta el gráfico de dispersión del PCA realizado con las medidas de la cabeza de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco. En el eje PC1 se observa que las poblaciones de Piuray, Huaypo, Pomacanchi y Languilayo presentan medidas cefálicas más prominentes en el presente estudio; entre ellas, Piuray destaca por mostrar las cabezas más desarrolladas. Por el contrario, las lagunas Sibinacocha y Qoricocha agrupan los individuos con las medidas cefálicas menos prominentes.

Con respecto al PC2, las poblaciones de Languilayo y Pomacanchi registran mayores valores asociados a distancia interorbital, largo del hocico y ancho de la boca; en cambio, Huaypo presenta menores valores en estas mismas dimensiones.

Asimismo, se aprecia una similitud entre varias localidades: Languilayo y Pomacanchi muestran valores positivos en ambos ejes (PC1 y PC2), indicando una composición morfológica

similar; de forma análoga, las parejas Lucre–Pampamarca y Qoricocha–Sibinacocha exhiben patrones cercanos entre sí en el espacio del PCA.

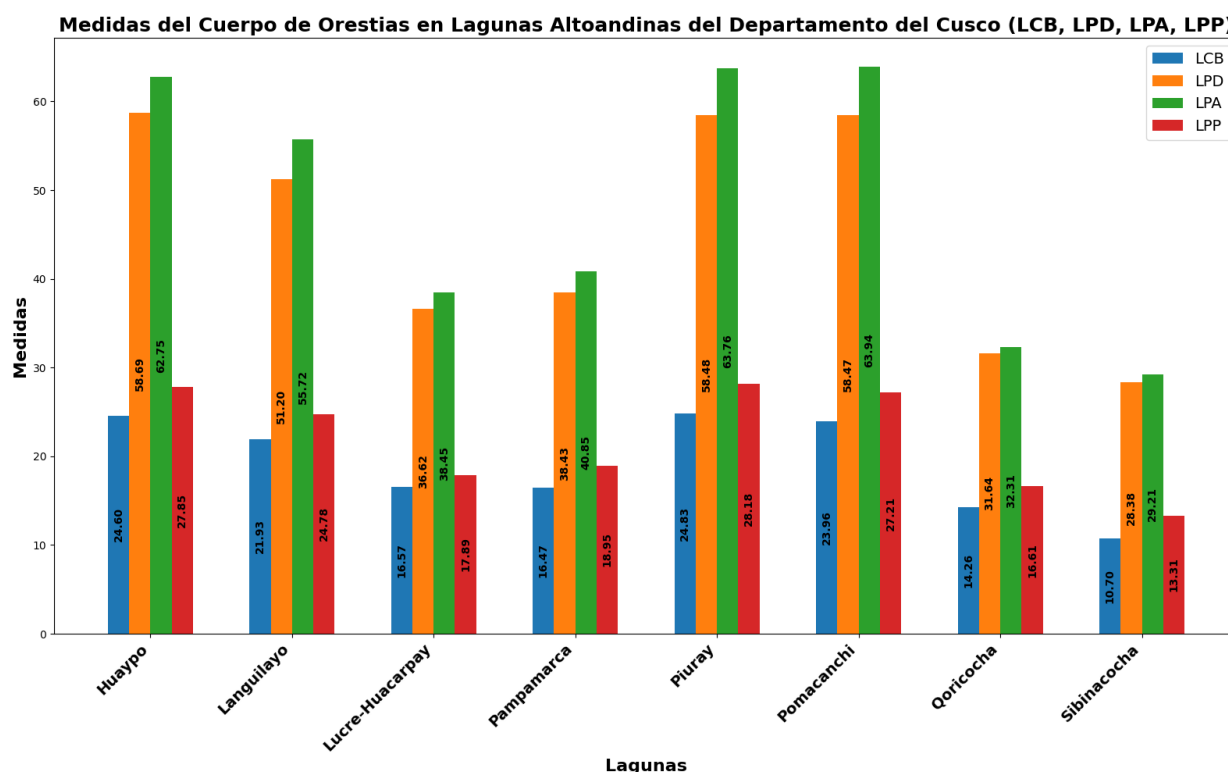
Figura 58. Promedio de las medidas merísticas del cuerpo del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco



En la Figura 58, se presenta el promedio de las medidas merísticas del cuerpo en el género *Orestias*, se presentan las medidas: Ltotal: Longitud Total, LS: Longitud estándar, ALC: Alto del Cuerpo, LP: Largo del pedunculo, AP: Alto del Pedunculo, ANP: Ancho del pedúnculo. Se observa que la laguna de Piuray presenta peces de mayor tamaño en promedio según su Longitud total, seguida las poblaciones de las lagunas Pomacanchi y Huaypo. Así mismo con respecto a la Longitud estándar medida desde la punta del hocico hasta la articulación de los radios caudales con las placas hipurales de la última vertebra caudal, según estos datos podemos inferir que la laguna de Piuray, Languilayo y Huaypo presentan peces con una aleta caudal más desarrollada, con respecto a la medida Alto del cuerpo, Las poblaciones de Piuray, Huaypo y Languilayo

presentan un cuerpo más alto a diferencia de las demás poblaciones. Así mismo con respecto largo del pedúnculo resaltan Piuray, Pomacanchi y Huaypo con poblaciones de *Orestias* con pedúnculo más largo, y más corto las poblaciones de Sibinacocha y Piuray, con respecto a la medida alto del pedúnculo las poblaciones de Piuray, Pomacanchi y Huaypo presentan pedúnculos más altos y con respecto al ancho del pedúnculo Piuray, Pomacanchi y Languilayo presentan pedúnculos más robustos.

Figura 59. Promedio de las medidas merísticas generales del cuerpo del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco



En la Figura 59, se presenta el promedio de las medidas merísticas generales del cuerpo en el género *Orestias*, se presentan las medidas: LCB: Largo de la cabeza, LPA: Longitud preanal, LPD: longitud predorsal, LPP: Longitud prepectoral, Se observa con respecto a la medida largo de la cabeza que las poblaciones de *Orestias* de la laguna Pomacanchi presentan cabezas más largas seguidas de las poblaciones de Piuray y Huaypo. Así mismo se puede observar con la medida

longitud predorsal una medida desde la punta del hocico hasta el primer radio de la aleta dorsal, las poblaciones de la laguna de Huaypo presentan un cuerpo más alargado a partir del inicio de su aleta dorsal, seguida de las poblaciones de Piuray y Pomacanchi, con respecto a la medida longitud preanal medido desde el extremo del hocico hasta el primer radio de la aleta anal se destaca la laguna de Pomacanchi, Huaypo y Piuray. Así mismo con respecto Longitud prepectoral medido desde el hocico hasta la base del primer radio pectoral, destacan las poblaciones de las lagunas Piuray, Huaypo y Pomacanchi.

Tabla 18. *PCA de las medidas del cuerpo de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

Component	Explained Variance	Eigenvalue
PC1	0.9516	10.8753
PC2	0.0326	0.3731
PC3	0.0113	0.129
PC4	0.003	0.0344
PC5	0.001	0.0117
PC6	0.0004	0.0044
PC7	0.0	0.0006
PC8	0.0	0.0

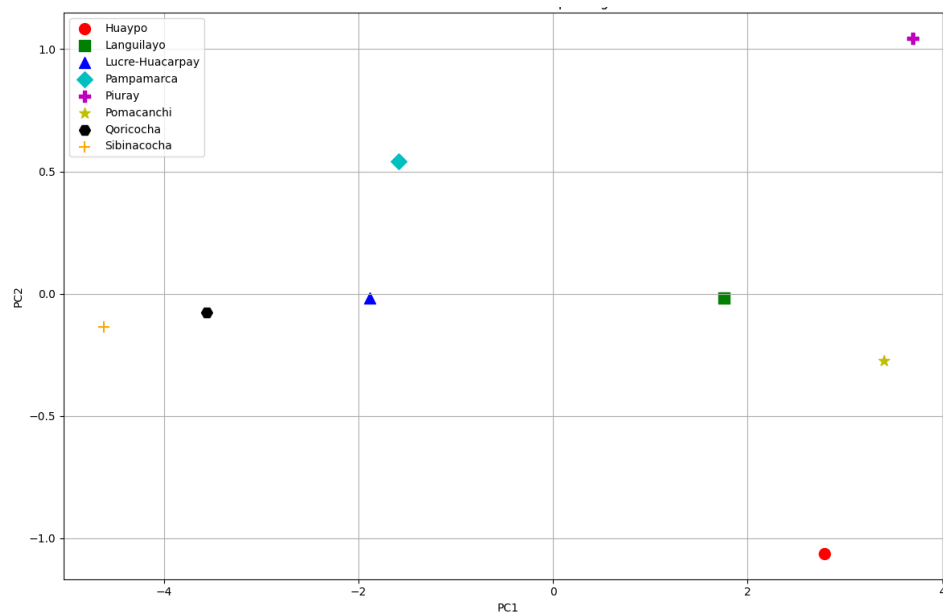
En la tabla 18 Se presenta el Analisis de Componentes Principales (PCA) de las medidas merisíticas del cuerpo de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco, se observa que el PC1 nos da el 95% de varianza y el PC2 el 0.032% y juntos nos da 98,42% de la varianza, este valor tan elevado de estas medidas se debe a que están muy relacionadas entre sí ya que son medidas pertenecientes solo al cuerpo de las *Orestias*.

Tabla 19. PCA de las medidas del cuerpo del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Ltotal	0.3235	-0.0494	-0.0277	-0.0706	-0.3457	0.6696	0.1606	-0.1930
LS	0.3230	-0.1122	0.1554	-0.0686	-0.1631	0.1619	0.3739	0.6584
ALC	0.3197	-0.0776	-0.4218	0.3784	0.0481	-0.4525	0.5319	-0.0128
LP	0.3093	-0.2141	0.8001	0.1946	0.3264	-0.1178	0.0690	-0.1876
AP	0.3214	0.0627	-0.1213	0.6797	-0.1567	0.1867	-0.3727	-0.1967
ANP	0.2730	0.9403	0.1294	-0.0948	0.0509	-0.0854	0.0400	0.0248
LPA	0.3231	-0.1025	0.0436	-0.2147	-0.3441	-0.2356	-0.2768	0.1897
LPD	0.3225	-0.1406	-0.0244	-0.2741	-0.3083	-0.4096	-0.3576	-0.1146
LPP	0.3219	-0.0865	-0.1942	-0.4604	0.2554	0.0692	0.2289	-0.5285
LCB	0.3214	-0.0850	-0.2922	-0.0707	0.6627	0.1911	-0.3864	0.3552

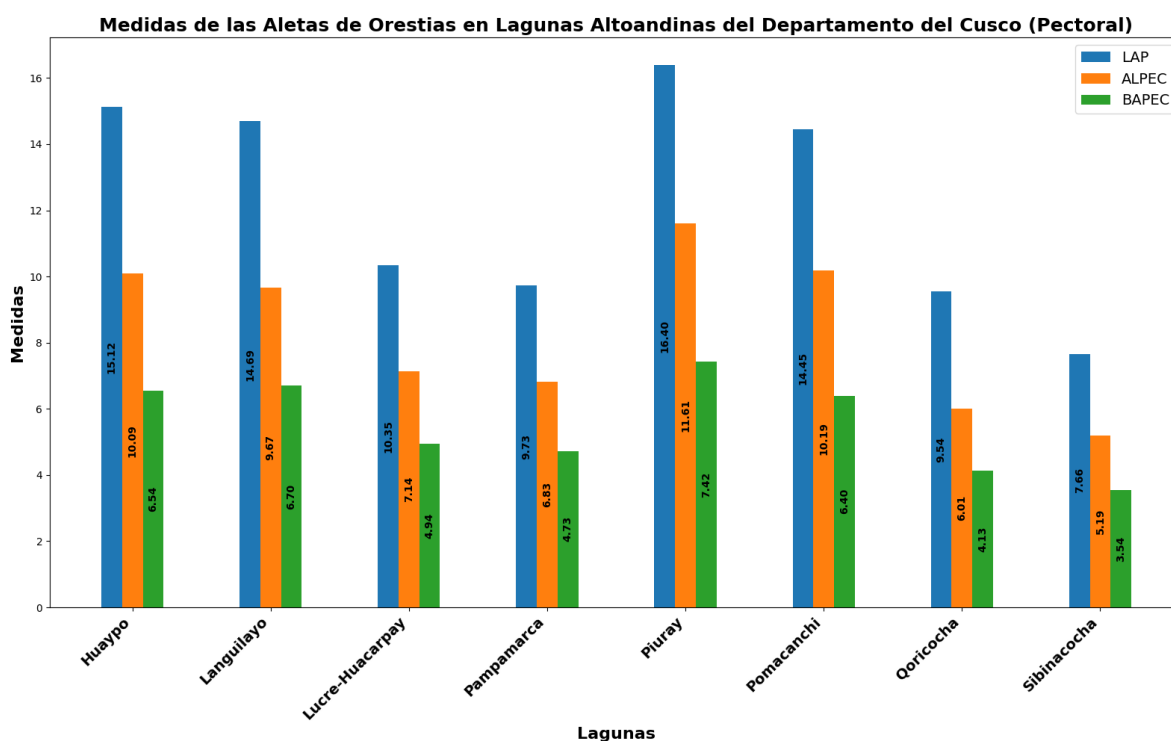
En la tabla 19 se presentan las cargas de las variables del PCA realizado de las medidas merísticas del cuerpo, se destacan que las medidas en el PC1 que todas las medidas tienen un valor positivo alrededor 0.32, es decir que todas contribuyen debido a que representan medida general, capturando una variabilidad común para todas las medidas del cuerpo, en caso del PC2 la medida que captura de la mayor variabilidad en las medidas del cuerpo es el ancho del pedúnculo.

Figura 60. PCA de las medidas merísticas del cuerpo del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco



En la Figura 60 se presenta el gráfico de dispersión del análisis de PCA de las medidas del cuerpo de *Orestias*, se puede observar en el eje del PC1 la relación con respecto a las medidas generales del cuerpo siendo las poblaciones de la laguna de Piuray peces más grandes en promedio de su población, seguido de la laguna de Pomacanchi, Huaypo y Languilayo, al contrario de los peces con valores menores en sus medidas como Sibinacocha y Qoricocha presentando individuos más pequeños, con respecto al PC2 ya que captura en mayor parte la medida de ancho del pedúnculo se observa que la laguna de Piuray presenta como rango distintivo a las demás una ancho de pedúnculo más desarrollado que Huaypo y Pomacanchi.

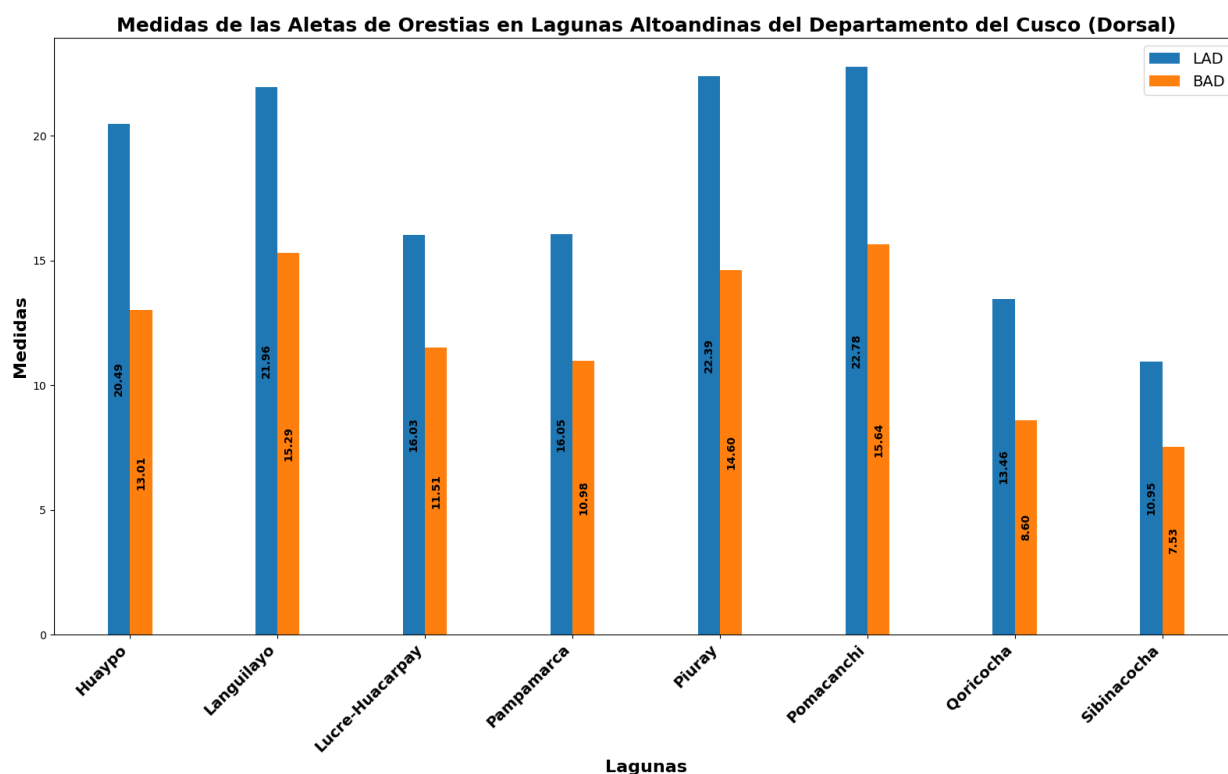
Figura 61. Promedio de las medidas merísticas de las aletas pectorales del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco



En la Figura 61, se presenta el promedio de las medidas merísticas de aletas pectorales en el género *Orestias*, se presentan las medidas: Así mismo medidas de las aletas, como LAP: Largo

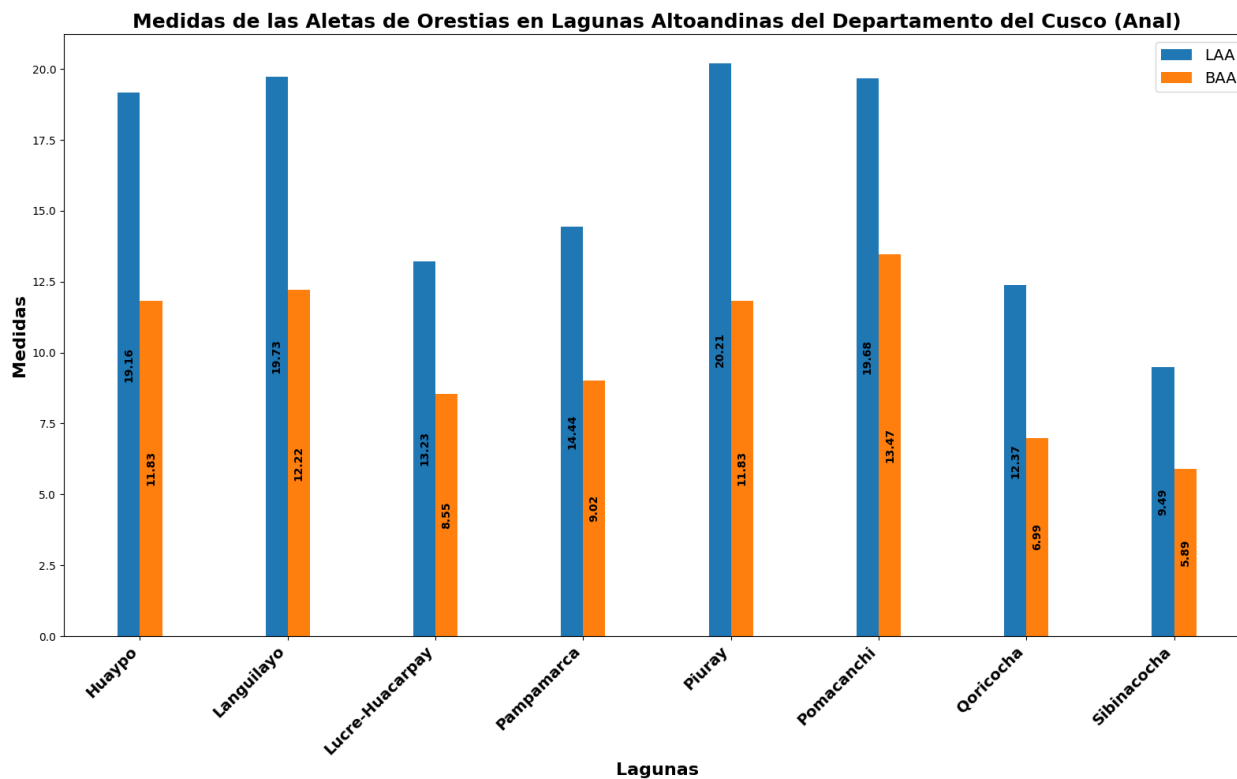
aleta pectoral, ALPEC: Alto de aleta pectoral, BAPEC: Base aleta pectoral, Se observa que Piuray, Huaypo y Languilayo presentan aletas pectorales más largas, y más cortas las poblaciones de Sibinacocha y Qoricocha, con respecto a las medidas de alto y base de la aleta pectoral se destacan nuevamente las lagunas de Piuray, Huaypo y Languilayo con respecto a las aletas pectorales.

Figura 62. Promedio de las medidas merísticas de la aleta dorsal del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco



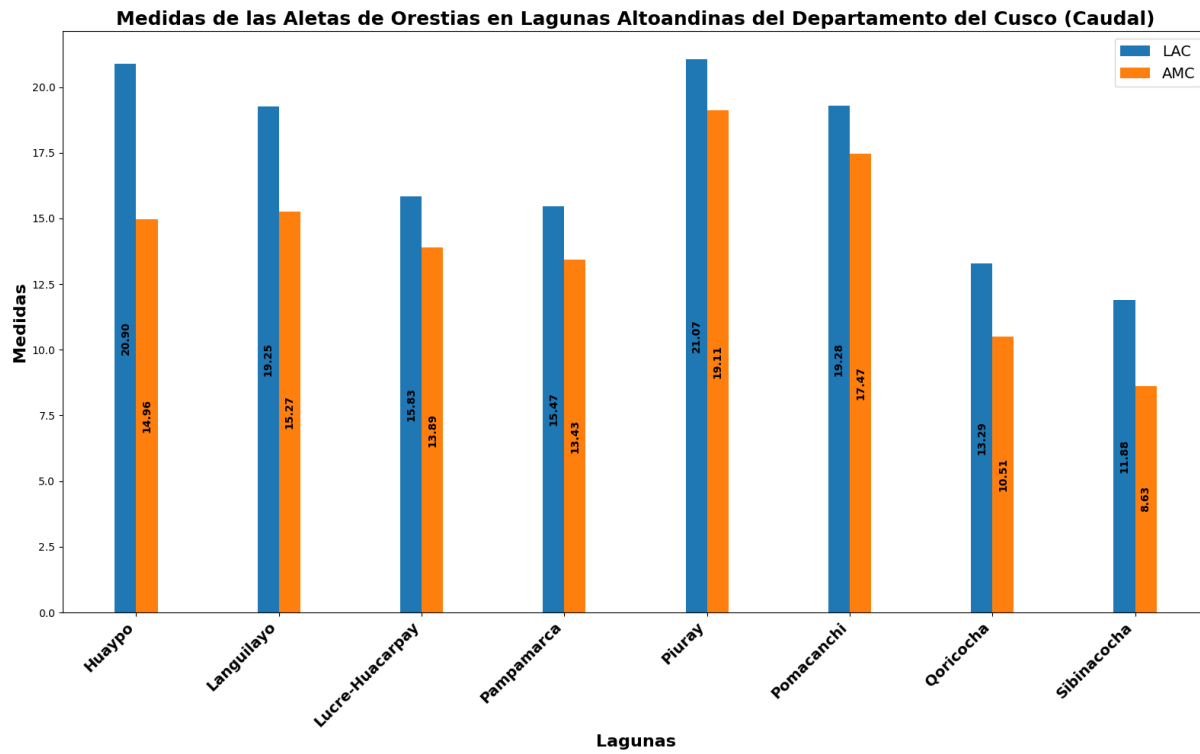
En la Figura N°62 se presenta el promedio de las medidas merísticas de la aleta dorsal en el género *Orestias*, se presentan las medidas: medidas de las aletas dorsales como LAD: largo aleta dorsal, BAD: Base aleta dorsal, se observa que las poblaciones de *Orestias* de Pomacanchi presenta una aleta dorsal más desarrollada seguida de las poblaciones de Piuray y Languilayo, así mismo las que presentan aletas dorsales más cortas son las poblaciones de *Orestias* de las lagunas de Sibinacocha y Qoricocha.

Figura 63. Promedio de las medidas merísticas de la aleta anal de las poblaciones de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco



En la Figura 63 se presenta el promedio de las medidas merísticas de la aleta anal en el género *Orestias*, se presentan las medidas: medidas de las aletas anales como LAA: Largo aleta anal, BAA: Base aleta anal, se observa que las poblaciones de la laguna de Piuray presentan una aleta anal más desarrollada seguidas de las poblaciones de *Orestias* de las lagunas Pomacanchi y Languilayo.

Figura 64. Promedio de las medidas merísticas de la aleta caudal del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco



En la Figura 64 se presenta el promedio de las medidas merísticas de la aleta caudal en el género *Orestias*, se presentan las medidas: LAC: Largo aleta caudal, AMC: Alto máximo aleta caudal. Se observa que las poblaciones de *Orestias* de la laguna de Piuray presentan la aleta caudal más desarrollada, seguida de Huaypo y Pomacanchi.

Tabla 20. PCA de las medidas de las aletas de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

Component	Explained Variance
PC1	0.9582
PC2	0.0207
PC3	0.0136
PC4	0.0035
PC5	0.0023
PC6	0.0014

Tabla 21. *PCA de las medidas de las aletas de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

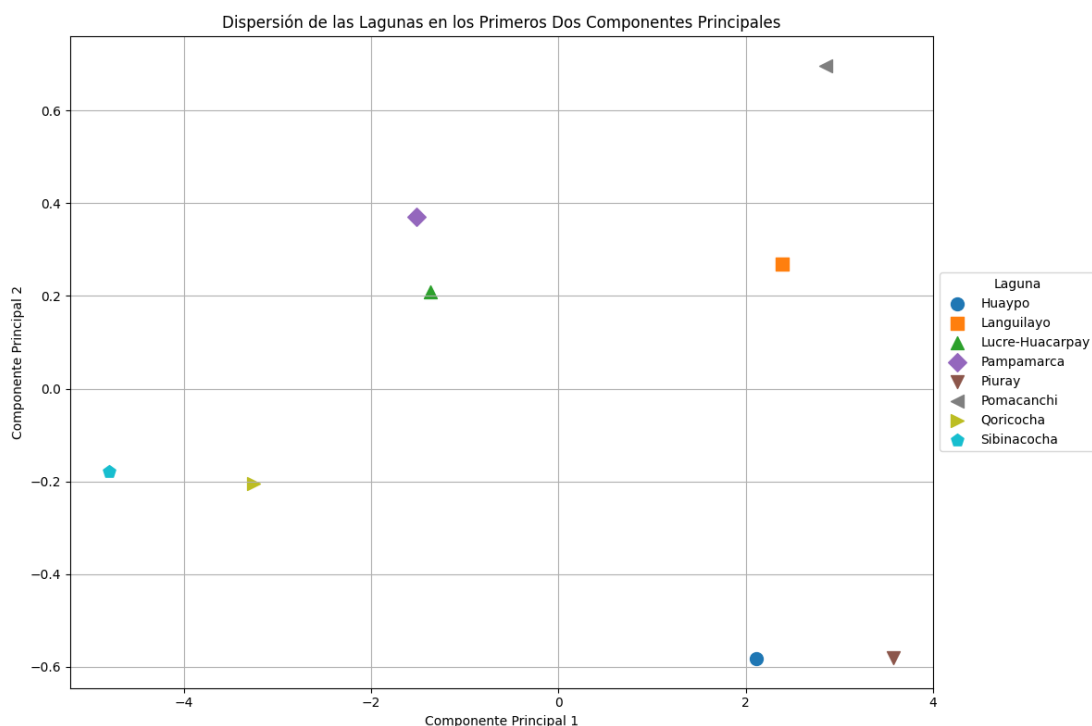
Medida	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
LAP	0.3338	-0.4061	-0.1748	-0.2931	-0.1885	-0.1603	0.6716	0.0332
ALPEC	0.3359	-0.3206	0.1256	-0.0970	-0.3058	-0.5059	-0.4512	-0.3895
BAPEC	0.3368	-0.2788	0.0451	-0.3602	0.3367	0.1597	-0.4314	0.5815
LAC	0.3336	-0.3236	-0.0914	0.6467	0.5545	0.0178	0.1117	-0.1630
AMC	0.3237	0.1421	0.8580	0.1863	-0.1751	0.1581	0.1457	0.0649
LAD	0.3385	0.2319	-0.0945	-0.1126	-0.0896	0.0963	0.2582	0.2356
BAD	0.3290	0.5534	-0.0141	-0.3785	0.4767	-0.1598	0.0384	-0.3972
LAA	0.3372	0.0062	-0.2925	0.0100	-0.3208	0.7216	-0.1962	-0.3481
BAA	0.3313	0.4118	-0.3353	0.4073	-0.2851	-0.3347	-0.1377	0.3792

En la tabla 20 se presenta el Analisis de Componentes Principales (PCA) de las medidas merísticas de las aletas de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco, se observa que el PC1 nos da el 95.82% de varianza y el PC2 el 0.020% y juntos nos da 97,89% de la varianza, este valor tan elevado de estas medidas se debe a que están muy relacionadas entre si ya que son medidas pertenecientes solo a las aletas de las *Orestias*.

En la tabla 21 se presentan las cargas de las variables del PCA realizado de las medidas merísticas de las aletas, se destacan que las medidas en el PC1 que todas las medidas tienen un valor positivo alrededor 0.3237, es decir que todas contribuyen debido a que representan medida general que afecta a todas las medidas de las aletas de manera similar, en caso del PC2 la medida que captura de la mayor variabilidad en las medidas de las aletas son AMC, LAD, BAD, LAA y BAA.

Figura 65. *PCA de las medidas merísticas de las aletas del género Orestias en lagunas altoandinas*

del departamento de Cusco



En la Figura 65 se presenta el gráfico de dispersión del análisis de PCA de las medidas de aletas de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco, se puede observar en el eje del PC1 la relación con respecto a las medidas generales de las aletas siendo las poblaciones de *Orestias* de la laguna de Piuray peces con aletas más desarrolladas en promedio de su población, seguido de la laguna de Pomacanchi, Huaypo y Languilayo, al contrario de los peces con valores menores en sus medidas como Sibinacocha y Qoricocha presentando peces con aletas más pequeñas, con respecto al PC2 ya que captura mayor variación en las medidas AMC,LAD,BAD,LAA y BAA. Se observa similitud relativa entre las medidas de sus aletas entre la laguna de Pampamarca y el humedal Lucre-Huacarpay.

Tabla 22. *LDA de las medidas merísticas de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

Explained Variance (%)	
LD1	39.20
LD2	23.22

Tabla 23. *Cargas del LDA de las medidas merísticas de Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
ALC	1.3454	-1.8656	-1.0106	1.6702	0.5889	0.2708	-0.2467
LP	0.6496	1.8776	0.3963	-0.4127	0.9532	0.7661	0.6776
AP	-1.3732	-0.0672	-0.5854	1.9131	1.8914	-1.1187	0.8331
ANP	-0.3789	-2.1434	0.6653	-1.2716	0.8590	0.4872	-0.1005
LAP	0.1252	1.4112	0.1168	1.4596	-1.5976	-0.8669	0.2622
ALPEC	-0.9468	-0.5192	-0.1269	-0.0695	0.2580	-0.2837	0.4836
BAPEC	1.0882	-0.2878	-1.0681	1.0706	2.2985	0.7856	0.4354
LAC	-0.0995	-1.2112	-0.9111	0.5196	1.4517	0.1175	-0.7953
AMC	-0.4471	-0.6026	0.6060	-1.0007	-0.3372	-0.9452	-0.8365
LAD	0.5343	0.2130	0.2894	0.7913	-0.5108	-0.8371	0.3200
BAD	-0.4176	-0.2566	1.3538	-1.5621	0.8544	0.2153	-0.6338
LAA	-0.0892	0.7063	-0.5640	-2.6267	-0.9864	2.1339	-0.6252
BAA	-0.2054	1.4526	0.5656	2.5904	0.9512	-1.2079	-0.3904
LPD	2.8527	1.8476	-1.9999	0.1918	-0.6061	4.1674	1.6130
LPA	-4.4710	2.2009	3.7346	1.0327	-0.9747	0.6642	0.6569
LPP	-3.6675	-2.7295	-1.8842	-1.5289	2.1239	2.7814	0.0628
LCB	0.1697	2.6382	3.0218	-0.8024	-2.8309	-3.0927	-5.4806
ACB	1.2552	-2.2333	-1.4147	-1.0258	4.1594	0.9886	1.4802
ANCB	-3.1323	-4.1755	0.1572	3.5414	-1.9940	0.2794	0.5747
LH	0.8529	-1.5909	1.4678	-0.3672	0.0819	-0.2369	0.5969
POJ	1.4278	0.6404	-0.1813	0.7159	-0.3837	-0.3295	-0.9583
DOJ	-0.3299	-0.8748	0.0121	0.0266	-0.8076	0.2284	-1.1859
DIOR	0.4256	2.2223	1.5300	-1.5692	-1.3385	-0.7378	0.3412
LPOR	0.0922	-0.6426	-4.4304	0.6322	-0.0491	-2.6707	0.1508
AB	1.5212	1.1000	1.1240	1.2059	0.1377	-0.2757	0.4162

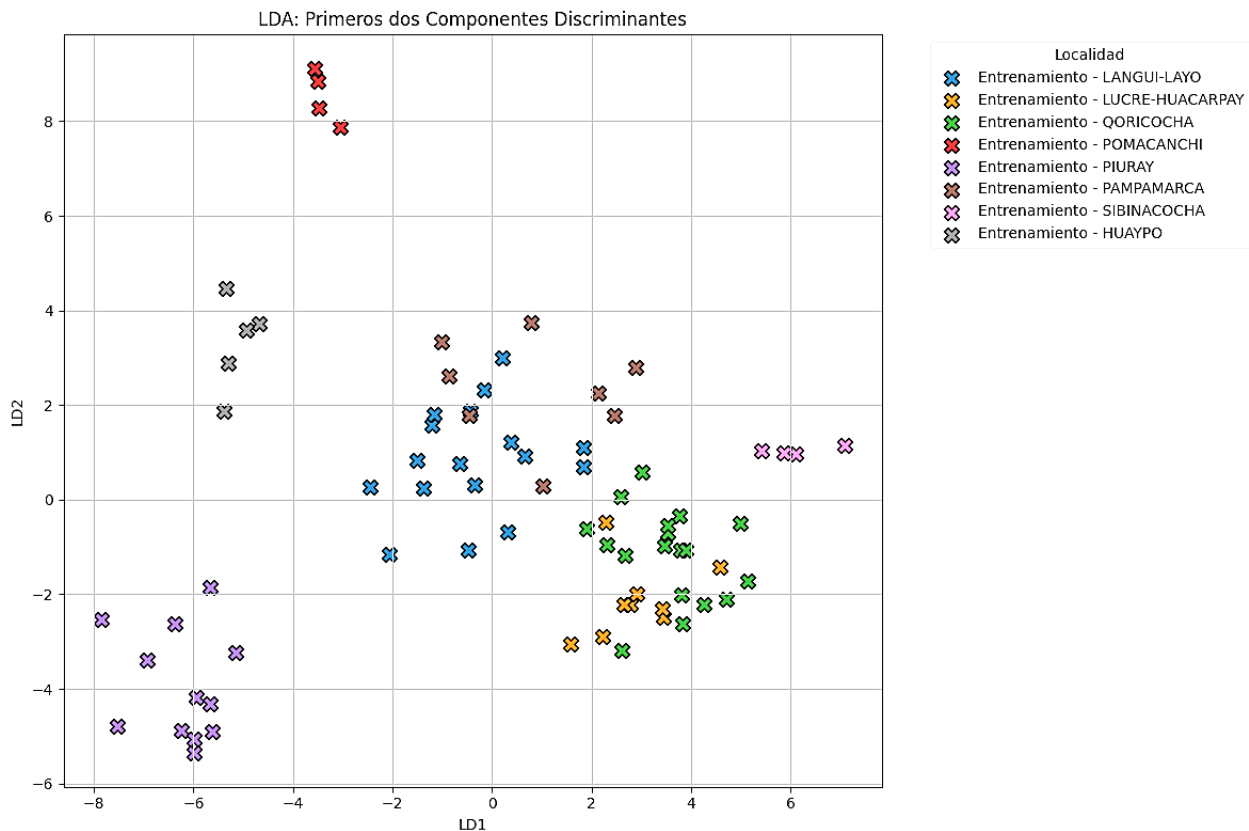
En la tabla 22 Se presenta la varianza del Analisis de Discriminante Lineal (LDA) de las medidas merisiticas *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco, se observa que

LD1 captura la variabilidad de las medidas con 39.20% y LD2 captura con 23.22% de variabilidad en otra dirección de las clases, juntos explican el 62.42% de varianza entre las medidas de morfometría lineal en el género *Orestias* en el departamento del Cusco.

En la tabla 23 de las cargas para cada medidas del LDA de las medidas merísticas de de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco, Se puede observar que las medidas LPD con mayor carga positiva y AB,ACB aportan positivamente al aumento de LD1, así mismo las cargas de LPA,LPP Y ANCB quiero decir que un aumento en estas medidas disminuirían el valor de LD1, en caso de LD2 las medidas como LCB tiene la mayor carga positiva en LD2 seguida de la medida LPA , así mismo las medidas como ANCB que tiene la mayor carga negativa seguida de ACB,LPP, también contribuyen a la separación de poblaciones ya que su aumento disminuye el valor de LD2.

Se interpreta que las poblaciones de *Orestias* en Cusco en cuanto a las medidas distintivas para la separación de poblaciones de este género, se diferencian principalmente por las medidas longitud preanal (LPA), longitud prepectoral (LPP), ancho de la cabeza (ANCB), largo de la cabeza (LCB) y longitud predorsal (LPD) son claves en la discriminación de poblaciones y morfotipos en las *Orestias* de las lagunas altoandinas en el departamento de Cusco.

Figura 66. *Biplot del Analisis de discriminante Lineal de las variables morfológicas en el género Orestias*



En la Figura 66 se presenta el biplot del Análisis de Discriminante Lineal (LDA) de las medidas morfométricas lineales de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco. Se observa claramente que las poblaciones de *Orestias* de las lagunas Pomacanchi, Huaypo, Piuray y Sibinacocha se diferencian por sus características morfométricas lineales, lo que sugiere la posible presencia de especies distintas.

Por otro lado, las poblaciones que se superponen reflejan similitudes en las medidas que más contribuyen a la variabilidad entre los grupos. En este sentido, la laguna de Languilayo muestra cierta similitud con la población de Pampamarca; sin embargo, también evidencia una diferenciación en algunos individuos, lo que podría deberse a un posible dimorfismo sexual o a la coexistencia de más de una población de *Orestias* dentro de Languilayo.

Asimismo, se aprecia una similitud entre las poblaciones de *Orestias* de la laguna de Qoricocha y del humedal Lucre-Huacarpay en relación con las medidas que explican la mayor variabilidad. Esta similitud también se refleja en el espacio geográfico, ya que Qoricocha y Lucre-Huacarpay se encuentran próximas entre sí, al igual que Languilayo y Pampamarca. En conjunto, estas relaciones sugieren que dichas poblaciones podrían compartir una historia evolutiva cercana y encontrarse en un proceso de diferenciación.

4.3 Correlación de los factores ambientales y variables morfológicas de las poblaciones del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco

4.3.1 Análisis de correspondencia canónica (CCA) entre los factores ambientales y las variables morfológicas de las *Orestias* de lagunas altoandinas

En este análisis se caracterizaron los factores ambientales de las 8 lagunas altoandinas estudiadas y las 28 variables morfológicas de 110 individuos del género *Orestias* provenientes de 8 lagunas altoandinas en el departamento de Cusco, con el objetivo de explorar la relación entre ambas. Al analizar la relación entre los factores ambientales con las variables morfológicas se puede observar que existe una relación positiva.

El análisis de Correspondencia Canónica (CCA) muestra que las variables morfométricas más influyentes en el Componente 1 mostradas en la tabla 24, son ALC-P (Alto del cabeza medido desde el istmo de Parenti), ANCB (Ancho de la cabeza) y ACB (Alto de la cabeza) seguidas de LPA (Longitud preanal), LPP (longitud prepectoral), LPD (longitud predorsal) y LCB (Largo de la cabeza), asociadas con el tamaño y la forma de la cabeza de los peces. Estas características se correlacionan positivamente con un pH, temperatura y salinidad elevados en las lagunas como se observa en la tabla 12 con las cargas de los factores ambientales en el CCA. En el Componente 2, se destaca la influencia de ANP (Ancho del pedúnculo), asociado con un mayor pH y oxígeno

disuelto, mientras que el LP (Largo del pedúnculo) está inversamente relacionado con la salinidad y el área de espejo. Así mismo en la figura 67 que muestra el biplot del análisis de correspondencia canonica entre los factores ambientales y morfologicos se observa. Las poblaciones de la laguna Piuray están fuertemente asociadas con el pH, mostrando mayores dimensiones en la altura de la cabeza desde el istmo, ancho de cabeza y longitud preanal, entre otras medidas. Sin embargo, estos altos niveles de pH también están relacionados con menores longitudes del pedúnculo, ancho de la boca y base de la aleta anal.

Las poblaciones de *Orestias* la laguna Huaypo presentan correlaciones morfológicas con la salinidad, mostrando un mayor ancho de cabeza y longitudes preanal y dorsal. Sin embargo, tienen un menor ancho del pedúnculo, aunque sus longitudes en el pedúnculo, ancho de boca y base de aleta anal son más prominentes en ambientes de mayor salinidad.

En la laguna Languilayo, las poblaciones de *Orestias* están relacionadas con el área de la laguna y en menor medida con la salinidad, mostrando dimorfismo sexual. Se observan dos grupos con características morfológicas diferentes, donde ambos presentan un menor ancho del pedúnculo, pero difieren en otras medidas como ancho de cabeza y longitudes.

Las poblaciones de *Orestias* de Sibinacocha están fuertemente vinculadas a la altitud, presentando un menor ancho del pedúnculo y menores medidas generales en las características morfológicas. Las otras poblaciones, como Pomacanchi, Qoricocha, Pampamarca y Lucre-Huacarpay, muestran significancias morfológicas que las distinguen, pero su relación con los factores ambientales analizadas es menos clara, sugiriendo que podrían estar más influidas por factores como la dieta o variables no consideradas en este estudio, en caso de las lagunas de Urcos y Asnacocha no se encontraron individuos de *Orestias* en el presente estudio.

Tabla 24. *Cargas de las medidas lineales morfométricas del Analisis de Componentes Canonicos (CCA)*

Medida	Componente 1	Componente 2
Ltotal	1.8392	-1.1777
Lestandar	1.8284	-1.3739
ALC	1.8019	-0.7729
LP	1.5789	-1.9518
AP	1.8370	-0.9240
ANP	1.6885	0.3867
LAP	1.7698	-0.6757
ALPEC	1.7489	-0.4925
BAPEC	1.7591	-0.6043
LAC	1.6846	-0.7837
AMC	1.7563	-0.1276
LAD	1.5553	-1.1742
BAD	1.3486	-1.3232
LAA	1.5586	-1.0923
BAA	1.4898	-1.6888
LPD	1.8640	-1.2013
LPA	1.8771	-1.2270
LPP	1.8679	-1.0016
LCB	1.8559	-0.9766
ACB	1.8963	-0.6311
ALC-P	1.9319	-0.6537
ANCB	1.9299	-0.5460
LH	1.6347	-0.5402
POJ	1.6488	-0.8024
DOJ	1.7017	-0.6455
DIOR	1.5828	-1.1642
LPOR	1.7550	-1.1732
AB	1.4808	-1.7209

Tabla 25. *Cargas de los Factores ambientales del Analisis de Componentes Canonicos (CCA)*

Factor ambiental	Componente 1	Componente 2
pH	3.8810	1.1660
T°	2.0731	0.1917
Conductividad (μS/cm)	0.2489	0.3496
Salinidad	1.6830	-0.9045
TDS (ppm)	0.2633	0.3535
OD	-0.8106	1.4645
Altitud	-2.2718	-0.2247
Área de espejo (ha)	-0.1749	-1.2678
Pendiente de cuenca promedio	-0.2475	0.8233

En la Tabla 24 y Tabla 25 se presentan las cargas de las variables morfológicas y de los factores ambientales del Analisis de Correspondencia Canonica (CCA), En la Tabla 24 se presentan las cargas de las variables morfométricas del análisis de componentes canónicos (CCA). Se observa que las medidas morfométricas como ALC-P (1.9319), ANCB (1.9299) Y ACB (1.8963) muestran las cargas más altas en el Componente 1, seguidas de LPA (1.8771), LPP (1.8679), LPD (1.8640) y LCB (1.8559), indicando que estas características morfológicas tienen una fuerte asociación con este componente. Esto sugiere que las lagunas que presentan mayores valores en el Componente 1 tienden a tener características morfológicas destacadas como una cabeza más alta medida desde el istmo (ALC-P) y cabeza más ancha (ANCB), y cuerpos más elongados por LPA, LPP Y LPD.

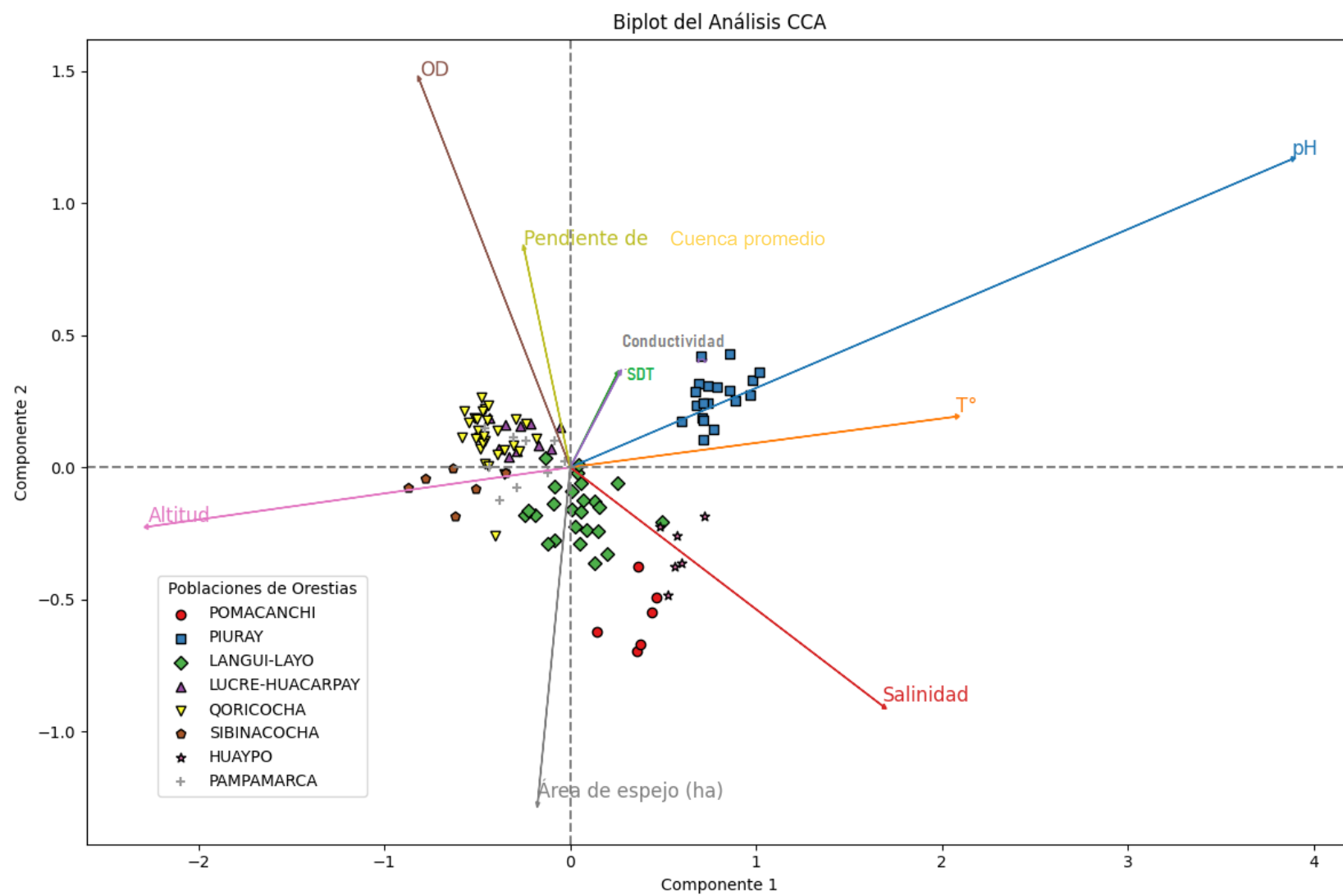
En el Componente 2; sin embargo, LP (-1.9518), AB (-1.7209) y BAA (-1.6888) presentan valores negativos significativos, mientras que ANP (0.3867) tiene valores positivos, sugiriendo que este componente distingue las características de Ancho del pedúnculo en diferentes poblaciones de *Orestias* del presente estudio, en otras palabras las lagunas que tengan poblaciones con mayor ancho de pedúnculo presentan valores menores en las otras medidas, es decir que mientras más ancho tienen el pedúnculo menor será el largo del pedúnculo, ancho de la boca y la

base de la aleta anal principalmente son menores y así inversamente.

En la Tabla 25 se presentan las cargas de los factores ambientales del análisis de componentes canónicos (CCA). Las cargas en el Componente 1 muestran que el pH (3.8810), seguido de la Temperatura (2.0731) y la Salinidad (1.6830), tienen las mayores cargas positivas. Esto indica que las lagunas con valores altos en pH, temperatura y salinidad tienden a estar posicionadas en el extremo positivo del Componente 1. En contraste, la Altitud (-2.2718) tiene una carga negativa significativa en este componente, lo que implica que las lagunas situadas a mayor altitud tienden a tener valores más bajos en pH, temperatura y salinidad principalmente.

En el Componente 2, OD (1.4645), pH (1.1660) y pendiente promedio de la cuenca (0.8233) tienen las mayores cargas positivas, mientras que el área de espejo (-1.2678) y Salinidad (-0.9045) tienen cargas significativamente negativas. Esto sugiere que las lagunas con altos valores en OD, pH y pendiente promedio de la cuenca son de menor área de espejo y tienen menor salinidad y así inversamente. Así mismo se interpreta que las lagunas con un pH y T° y salinidad más alta presentan un mayor ancho de la cabeza (ANCB), así como una mayor alto de la cabeza desde el istmo (ALC-P) y ACB. Además de cuerpo más elongados, en cuanto a valores menores de oxígeno disuelto, Altitud y menor área de espejo las poblaciones de *Orestias* presentan menor tamaño en las medidas señaladas sobre todo a mayor altitud en este presente estudio con respecto a los componentes 1 en cuestión de los componentes 2, Las poblaciones de *Orestias* que tengan el OD y pH mayor en la laguna donde habitan tendrán mayor ancho del pedúnculo (ANP) e inversamente si la laguna presenta mayor área de espejo y mayor salinidad estas medidas morfológicas serán menores. Con respecto al largo del pedúnculo (LP) lagunas que presenten mayor área de espejo y mayor salinidad presentan poblaciones de *Orestias* con el pedúnculo más desarrollado.

Figura 67. *Biplot del Analisis de Correspondencia Canónica*



En la figura 67, se observa la correlación de los factores ambientales con las características morfológicas mediante un análisis de correspondencias canónicas, se interpreta que las poblaciones de *Orestias* de la laguna de Piuray, están fuertemente relacionadas a la variable del pH, debido a como se ha expuesto anteriormente, las poblaciones relacionadas positivamente al componente 1 y 2 presentan mayores medidas como el alto del cabeza desde el istmo, un mayor ancho de cabeza, ancho del pedúnculo mayor y en general una mayor longitud preanal, pectoral, dorsal y largo de la cabeza y en caso de las poblaciones de la laguna de Piuray estas medidas están relacionadas a un mayor nivel de pH en la laguna de Piuray, sin embargo también estos valores altos del pH influyen en que las poblaciones de esta laguna tengan menores medidas en el largo del pedúnculo, ancho de la boca y una base de la aleta anal menor.

Así mismo se observa que las poblaciones *Orestias* de la laguna de Huaypo están correlacionadas morfológicamente al factor ambiental de salinidad, esta presenta valores positivos en el componente 1 que nos indican poblaciones con un mayor ancho de cabeza, una longitud preanal, pectoral, dorsal y mayor largo de la cabeza, sin embargo cuenta con valores negativos en el componente 2 que nos indica que presenta un menor ancho del pedúnculo pero tendrán mayores longitudes en el largo del pedúnculo, ancho de la boca y base de la aleta anal y estas características morfológicas son las más relacionadas a la variable salinidad, es decir que aquellas poblaciones con mayor salinidad presentarán mayores medidas en estas características morfológicas e inversamente si presentan menores valores de salinidad.

Se observa así mismo que las poblaciones de *Orestias* de la laguna Languilayo, están relacionadas relativamente fuerte a la factor ambiental de área de la laguna y en menor proporción con la salinidad, en esta laguna podemos observar la presencia de dos grupos de peces que

presentan características morfológicas diferentes, posiblemente de dimorfismo sexual, debido a que estos tienen una misma característica en común debido a su valor negativo en el componente 2 el cual es un menor ancho del pedúnculo y características morfológicas desarrolladas en su largo del pedúnculo, mayor ancho de boca y la base de la aleta anal más desarrollada son las más correlacionadas a un mayor área del espejo de la laguna, la diferenciación proviene de las cargas morfológicas en el componente 1, que indican poblaciones con un mayor ancho de cabeza, una longitud preanal, pectoral, dorsal y mayor largo de la cabeza y los ubicados negativamente presentan menores tallas en estas características; sin embargo, se agrupan porque presentan características en común y no presentan unas características morfológicas extremas que se observaría en el gráfico.

Así mismo, se observa que las poblaciones de *Orestias* de la laguna Sibinacocha, están relacionadas fuertemente a la variable de altitud, esta presentan valores negativos en el componente 2 que indica que esta población que presenta un menor ancho del pedúnculo pero tendrán mayores longitudes en el largo del pedúnculo, ancho de la boca y base de la aleta anal y que este con valores negativos en el componente 1 indican que esta poblaciones tienen menores medidas en las características morfológicas generales.

Las demás poblaciones no tienen una relación relevante con los factores ambientales analizados en este presente estudio, es probable que estén más relacionadas a la dieta u otras variables no contempladas en este estudio; sin embargo, estas logran tener significancias morfológicas que logran diferenciarse de las demás poblaciones, por lo menos las poblaciones de *Orestias* de Pomacanchi, mientras que las poblaciones de Qoricocha, Pampamarca, Lucre – Huacarpay parecen compartir características positivas del componente como un mayor ancho del pedúnculo y menores tallas, como indica valores negativos del componente 1.

4.4 Morfometría geométrica y morfotipos del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco

4.4.1 Análisis de componentes principales de la forma del género *Orestias* en lagunas altoandinas

En la Tabla 26, se presenta el PCA basado en las coordenadas de Procrustes, que revela que los componentes principales 1 y 2 (PC1 y PC2) explican conjuntamente el 55.86% de la varianza en la forma de los individuos. El componente PC1, que representa el 35.4% de la variación, está asociado con la profundidad del cuerpo y la orientación de la aleta caudal. Por otro lado, el PC2, que representa el 20.4% de la variación, está relacionado con el alargamiento del cuerpo y el tamaño de las aletas, indicando adaptaciones morfológicas entre poblaciones.

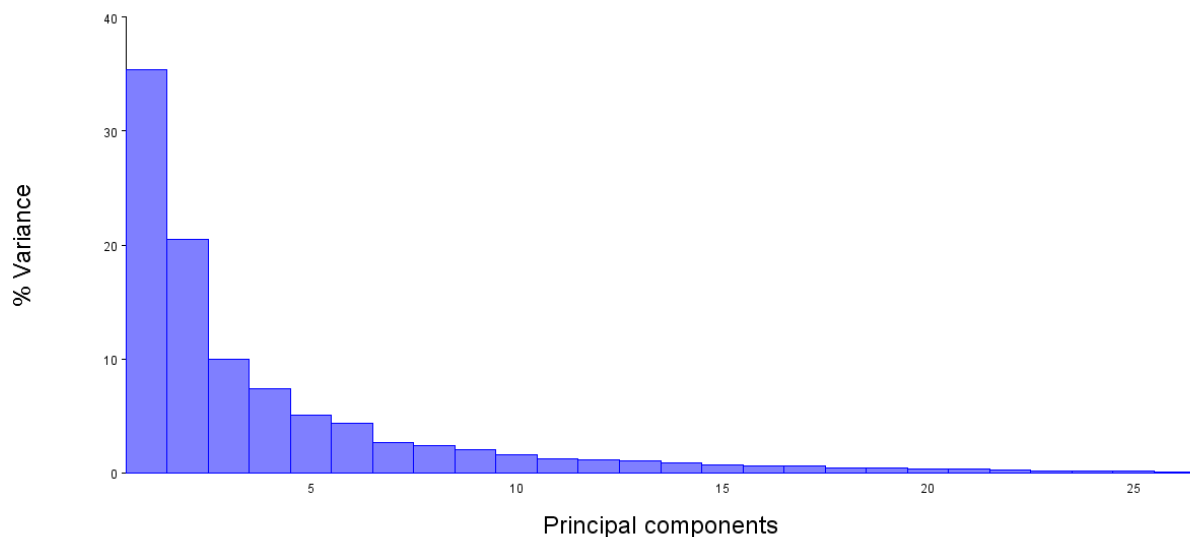
Tabla 26. *Valores propios y Varianza del PCA de las coordenadas de procrustes del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco*

	Valores	1	2	3	4	5	6	7
PC1	0,0011533	35,432						
PC2	0,00066578	20,454						
PC3	0,00032557	10,002						
PC4	0,00024098		7,403					
PC5	0,00016514		5,073					
PC6	0,00014205		4,364					
PC7	0,00008515		2,616					
PC8	0,00007686			2,361				
PC9	0,00006742			2,071				
PC10	0,00005143			1,580				
PC11	0,00004042			1,242				
PC12	0,00003764				1,156			
PC13	0,00003484				1,070			
PC14	0,00002987				0,918			
PC15	0,00002278				0,7			
PC16	0,00001984					0,61		
PC17	0,00001863					0,572		
PC18	0,00001531					0,47		
PC19	0,00001281					0,394		
PC20	0,00001211						0,372	

PC21	0,0000109	0,335	
PC22	0,0000069	0,212	
PC23	0,00000636	0,195	
PC24	0,00000581		0,179
PC25	0,00000446		0,137
PC26	0,00000262		0,08

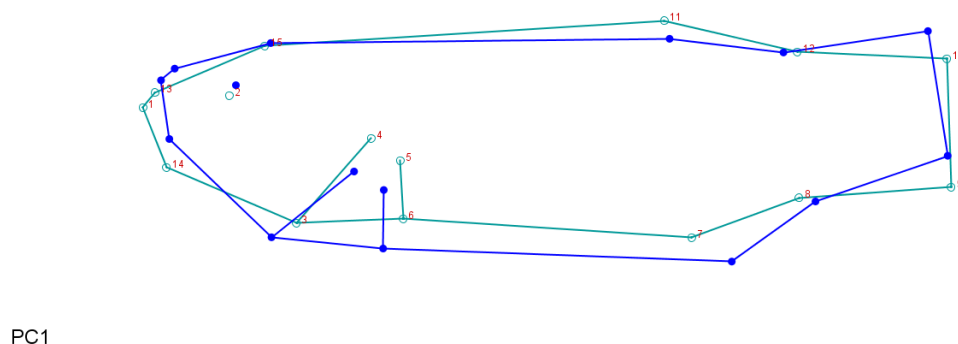
En la Tabla 26, se puede observar que se obtuvieron 26 componentes principales estos correlacionados al número de landmarks por la formula $(2k-4)$ donde k es el número de landmarks o hitos, en el presente estudio se utilizaron 15 landmarks para cada individuo, se observa que los componentes PC1 y PC2 explican juntos el 55.86% de la varianza de la forma.

Figura 68. *Analisis de variancia de los componentes principales*



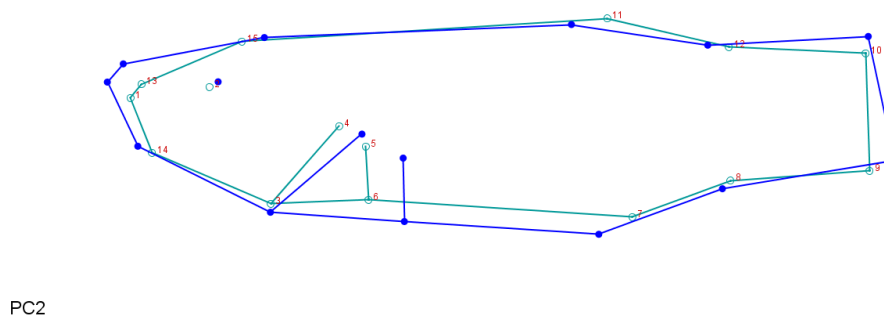
Este análisis usa como base de datos las coordenadas de Procrustes que representan la forma de las *Orestias* en el espacio multivariado de la forma, estos sugieren que se está realizando el análisis sobre la forma real de los individuos y que explican que los componentes PC1 y PC2 explican la mayor parte de la varianza, como se observa en el histograma en la figura 68.

Figura 69. Analisis de componentes principales (PCA) morfometría geométrica – PC1



En la figura 69, se observa que el componente principal 1 del analisis de PCA, representa el 35.4% de variación de la forma real del género *Orestias* en las lagunas altoandinas del Cusco, se puede apreciar en la figura que el componente principal 1 representa la variación en su mayor parte en la profundidad del cuerpo de los individuos y la orientación de la aleta caudal, podría sugerir la variación de dimorfismo sexual entre y dentro de las poblaciones y sus adaptaciones propias a cada laguna con respecto a la orientación de sus aletas.

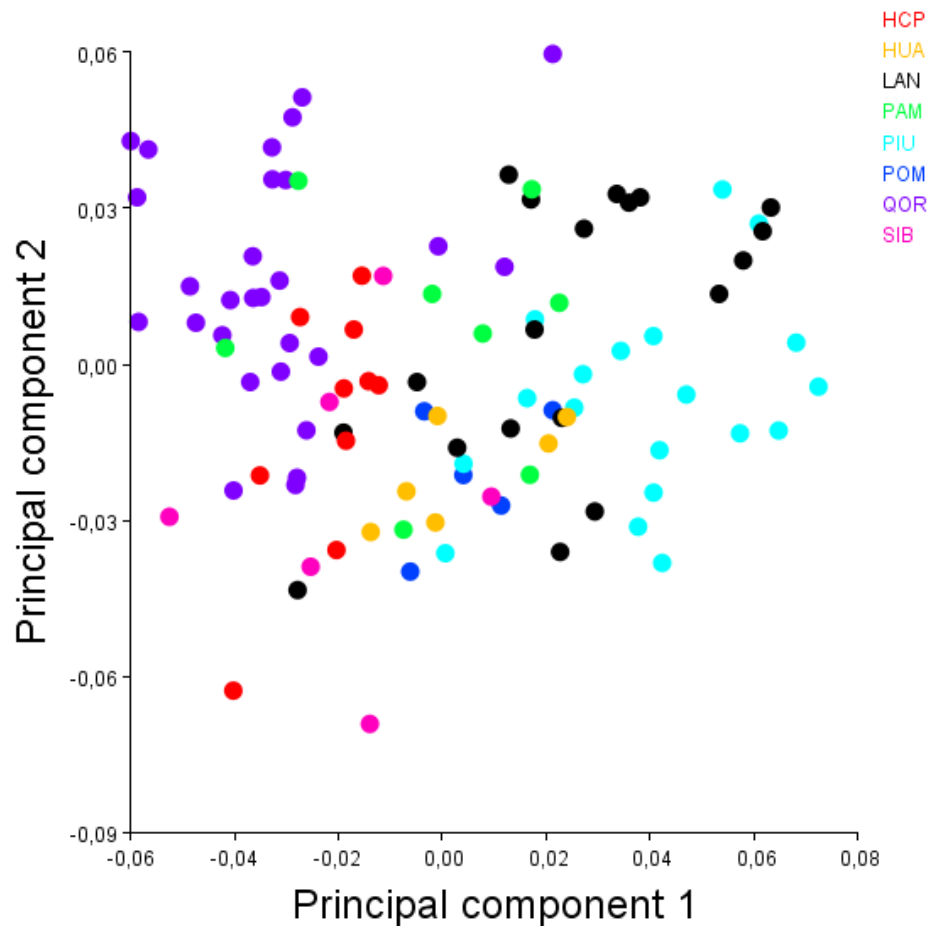
Figura 70. Analisis de componentes principales (PCA) morfometría geométrica – CP2



En la figura 70, se observa que el componente principal 2 en el analisis de PCA, representa el 20.4% de variación de la forma real del género *Orestias* en las lagunas altoandinas del Cusco, se puede apreciar en la figura que el componente principal 2 representa la variación con respecto al alargamiento del cuerpo y tamaño de las aletas entre las poblaciones de *Orestias*, donde se

destaca la orientación, alargamiento y forma de la boca, que puede sugerir las distintas adaptaciones que estos tienen lugar en cada laguna.

Figura 71. *Diagrama de dispersión - Analisis de componentes principales (PCA) morfometría geométrica*



En la figura 71, se observa la distribución de los especímenes en el espacio multivariado, después del análisis de *PCA*, se puede observar ciertos patrones de agrupación de la forma entre las poblaciones de Qoricocha, las poblaciones de Piuray, Huaypo, Languilayo, Pomacanchi y Huacarpay, así mismo poblaciones que son significativamente diferentes como las poblaciones de Qoricocha y Piuray.

4.4.2 Analisis de Varianza *Canónica* de la forma de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de Cusco

Tabla 27. *Valores de los componentes del Analisis de Varianza Canonica (CVA)*

Analisis de Varianza Canónica (% Varianza)				
	Valores	1	2	3
CV1	977,352,654	51,859		
CV2	276,214,407	14,656		
CV3	245,291,695		13,015	
CV4	179,898,909		9,545	
CV5	100,699,375			5,343
CV6	0,61566796			3,267
CV7	0,43627235			2,315

En la Tabla 27, se observa el análisis de varianza canónica calculada de las medias de cada población de *Orestias* de las poblaciones del género *Orestias* para cada variable, se calculan las matrices de covarianza dentro de los grupos (matriz de covarianza dentro de las poblaciones) y entre los grupos (matriz de covarianza entre poblaciones).se puede observar que se obtuvieron 7 variables canónicas, se observa que el CV1 y CV2 explican 66.51% de varianza de la forma en este análisis.

Este análisis es el más apropiado para buscar diferencias entre las poblaciones del género *Orestias* en lagunas altoandinas del Cusco, reduce la variación dentro de las poblaciones en cada laguna y exagera las diferencias entre ellos. Luego de este análisis se obtuvieron las distancias de Mahalanobis para medir la separación entre las medias de los grupos en el espacio multivariado como se observa en la tabla 28.

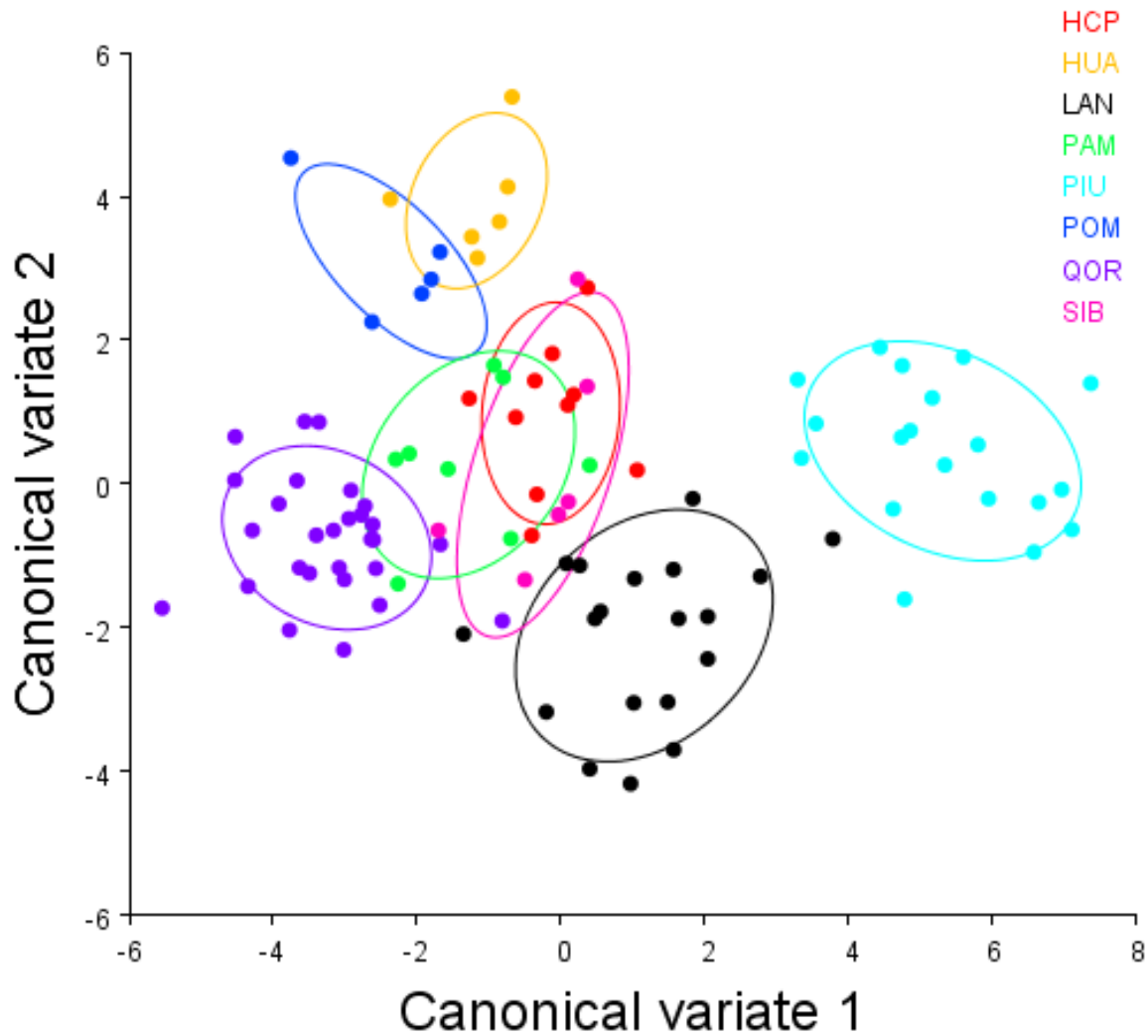
Tabla 28. *Distancias de Mahalanobis entre las poblaciones del género Orestias en lagunas altoandinas*

	HCP	HUA	LAN	PAM	PIU	POM	QOR
HUA	6.9566						
LAN	5.5696	7.1477					
PAM	4.5693	5.6532	4.5440				
PIU	7.1907	8.0211	5.7608	7.5474			
POM	6.7584	5.8490	7.0745	5.9152	9.3822		
QOR	5.9138	6.0200	5.6252	4.5120	8.6643	6.3221	
SIB	4.9227	6.1673	4.7162	3.8124	6.9374	6.6110	5.3306

En la tabla 28, se observa el análisis de distancias de Mahalanobis entre las medias de las poblaciones de *Orestias* en lagunas altoandinas, los valores más altos indican una mayor separación entre los grupos, esto sugiere que las poblaciones de Piuray y Pomacanchi, seguidas de las lagunas de Piuray y Huaypo tiene poblaciones que morfológicamente son más distantes entre sí y las más similares entre si son las poblaciones de *Orestias* de Pampamarca y Sibinacocha.

Esto podría sugerir adaptaciones morfológicas a su hábitat incluso historias evolutivas distintas o similares entre cada población, lo que sugeriría las poblaciones de las lagunas de Piuray y Huaypo a pesar de que son lagunas que están cercanas entre sí, estas ocupan el segundo lugar entre diferencias morfológicas, a pesar de que podrían tener historias evolutivas muy similares a nivel temporal.

Figura 72. Analisis de varianza canónica (CVA) morfometría geométrica



En la figura 72, se observa la distribución de las poblaciones en el espacio multivariado después del análisis de varianza canónica, se puede observar patrones de agrupación de la forma entre las poblaciones de *Orestias* entre las lagunas altoandinas del departamento de Cusco, Se observa una clara diferenciación morfológica en las poblaciones de Piuray, Languilayo, Qoricocha, Huaypo, Pomacanchi, así mismo la población de Huacarpay se diferencia de todas las demás teniendo algunas similitudes morfológicas con la laguna de Sibiracocha y Pampamarca, teniendo en cuenta la posición de las aletas, la boca y el opérculo fueron las diferencias que el

análisis del CVA tomo como representativas del CV1 y CV2, estos grupos que se solapan son relativamente similares con respecto a estas diferencias y los grupos más diferenciados tienen marcadas estas características para cada población, estas similitudes y diferencias entre grupos podrían explicarse a sus adaptaciones morfológicas de sus respectivos hábitats.

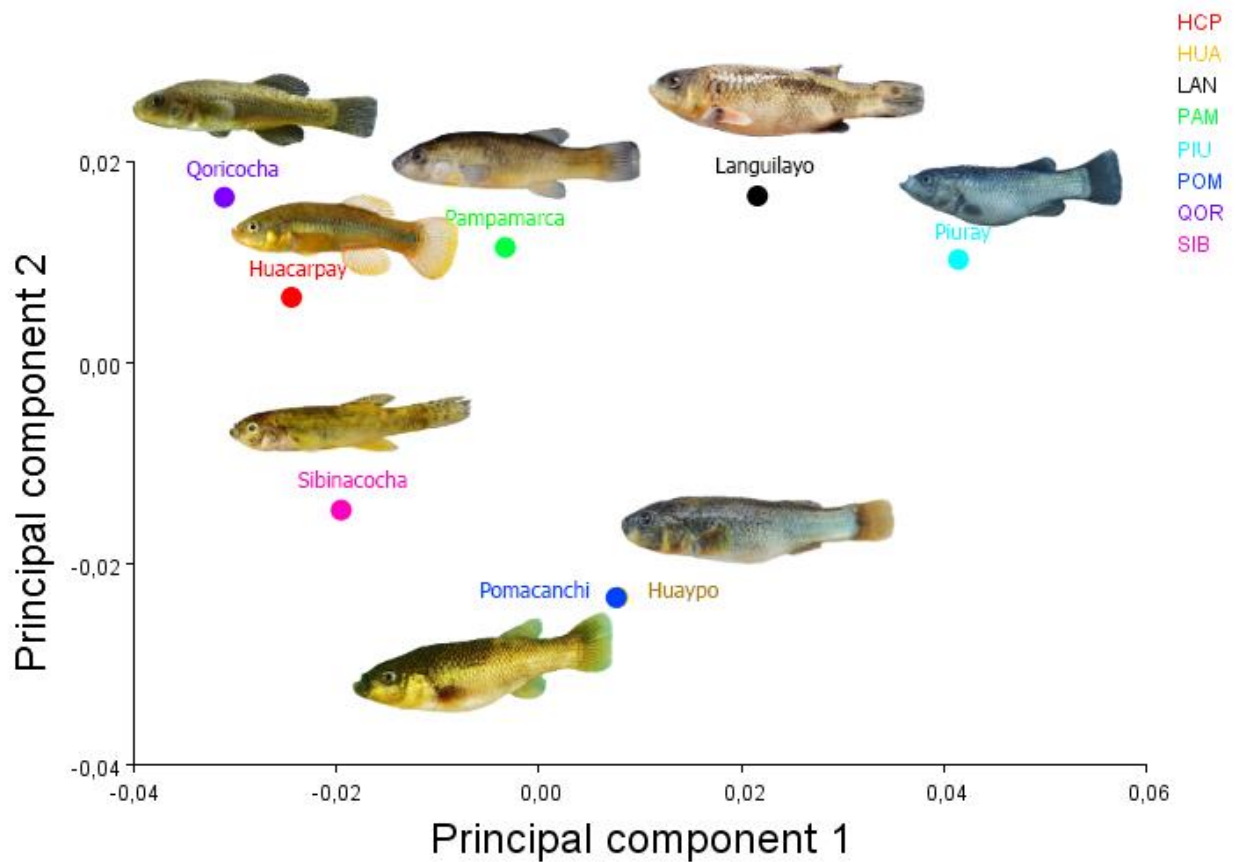
4.4.3 Análisis de componentes principales del promedio de forma de los morfotipos de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

Tabla 29. *Variación entre grupos, escalada por el inverso de la variación dentro de los grupos*

Análisis de Componentes Principales (% Varianza)			
	Valores	1	2
PC1	0,00060926	45,621	
PC2	0,00030402	22,765	
PC3	0,0001935		14,490
PC4	0,00008964		6,712
PC5	0,00008374		6,270
PC6	0,00003273		2,451
PC7	0,00002257		1,690

En la tabla 29, se realizó el análisis de componentes principales del promedio de forma por población analizada, se puede observar que el componente principal 1 y 2 explican juntos el 68,39% de la variabilidad de la forma entre los grupos.

Figura 73. Analisis de componentes principales (PCA) del Promedio de la forma de *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento de cusco



En la figura 73, se observa la distribución del promedio de la forma de *Orestias* en lagunas altoandinas en el espacio multivariado, después del análisis de PCA, se puede observar en la tabla 24 que los PC1 y PC2 explican el 68.38% de la forma promedio de las poblaciones de *Orestias* de cada laguna, así mismo, se observa la distribución de la forma promedio siendo cada una diferenciable, Pomacanchi y Huaypo presentan similitudes con respecto al promedio de forma en sus poblaciones, esto puede deberse a similitudes características de su hábitat, sin embargo se puede apreciar que todas las demás lagunas presentan diferencias significativas con respecto a su forma lo que parece indicar que son especies totalmente distintas, podemos apreciar que las lagunas de Piuray con Qoricocha son las más alejadas en el espacio esto debido a que tiene formas totalmente distintas, Qoricocha y Huacarpay se encuentran más cercanas se pueden apreciar ciertas

similitudes en su forma pero son diferenciables entre sí, las poblaciones de *Orestias* en las lagunas de Cusco son diferenciables en el promedio de su forma cada una de ellas, solo dos lagunas presentaron similitudes con respecto al promedio de su forma, pero no en su forma como tal si no en el promedio como tal de las distancias en el espacio, ambas presentan diferencias en distinta zona del cuerpo pero al promediar esas características resultaron en un promedio similar, sin embargo todas las demás son perfectamente diferenciables esto podría sugerir que Cusco presenta una mayor diversidad de especies del género *Orestias* de las que se estimaban.

Tabla 30. *Analisis función discriminante de morfotipos (Distancias de Mahalanobis)*

Analisis función discriminante (Distancias de Mahalanobis)							
	1	2	3	4	5	6	7
HUA vs POM	2.1311						
POM vs QOR	2.9913						
HUA vs SIB	3.2844						
PAM vs POM		3.285					
PAM vs SIB		3.5988					
HCP vs SIB		4.504					
HUA vs PAM		4.8855					
HCP vs PAM			5.0677				
LAN vs QOR			5.8112				
PAM vs QOR			6.7153				
LAN vs PIU			6.7371				
HCP vs HUA				7.6679			
LAN vs POM				9.2886			
HCP vs QOR				9.3813			
HUA vs LAN				9.7145			
PIU vs QOR					10.3377		
HUA vs PIU					10.8783		
LAN vs SIB					11.0791		
HUA vs QOR					11.1113		
QOR vs SIB						11.144	
PIU vs POM						11.4407	
PIU vs SIB						15.7778	
HCP vs LAN						16.162	
PAM vs PIU							20.3668
HCP vs PIU							26.0995
LAN vs PAM							32.6317

En la Tabla 30 se presenta el análisis de funciones discriminantes entre las poblaciones de *Orestias* a partir de las distancias de Mahalanobis. En este análisis, valores más elevados indican una mayor separación o diferenciación entre poblaciones. Los resultados sugieren que las poblaciones de *Orestias* de las lagunas Huaypo y Pomacanchi, Pomacanchi y Qoricocha, así como Huaypo y Sibinacocha, presentan similitudes morfológicas, destacando que Huaypo y Pomacanchi muestran la mayor similitud a pesar de estar geográficamente separadas por más de 165 km. Este hallazgo podría indicar que la semejanza morfológica se deba a procesos de adaptación local a condiciones ambientales similares.

Por otro lado, las comparaciones entre las lagunas Pampamarca y Piuray, Huacarpay y Piuray, y Languilayo y Pampamarca arrojaron valores altos en las distancias de Mahalanobis, lo que refleja una marcada diferenciación morfológica entre estas poblaciones. Este patrón podría estar asociado a la ocupación de distintos nichos ecológicos (sensu Grinnell) y sugiere la existencia de barreras reproductivas, lo que a nivel morfológico podría interpretarse como la presencia de poblaciones de *Orestias* pertenecientes a diferentes especies.

En la Figura 74 se muestran los wireframes obtenidos del análisis de funciones discriminantes aplicados a las configuraciones de Procrustes de las poblaciones de *Orestias*. Destaca nuevamente la similitud entre las lagunas Huaypo y Pomacanchi, cuyas principales diferencias se observan en la proyección de la cabeza y en la posición de inicio de la aleta anal. En contraste, las poblaciones de las lagunas Piuray y Huacarpay presentan claras diferencias morfológicas, especialmente en la ubicación de la boca, así como en las inserciones y el tamaño relativo de las aletas.

Finalmente, en la Figura 75 se presentan los histogramas del análisis discriminante basado en las distancias de Mahalanobis. En este gráfico se evidencia el solapamiento entre las

poblaciones de Huaypo y Pomacanchi, confirmando su gran similitud morfológica. En el extremo opuesto, las poblaciones de Languilayo y Pampamarca muestran la mayor diferenciación, seguidas por las de Huacarpay y Piuray, las cuales presentan diferencias notorias en su morfología.

Figura 74. Analisis de función discriminante de *Orestias* (wireframes)

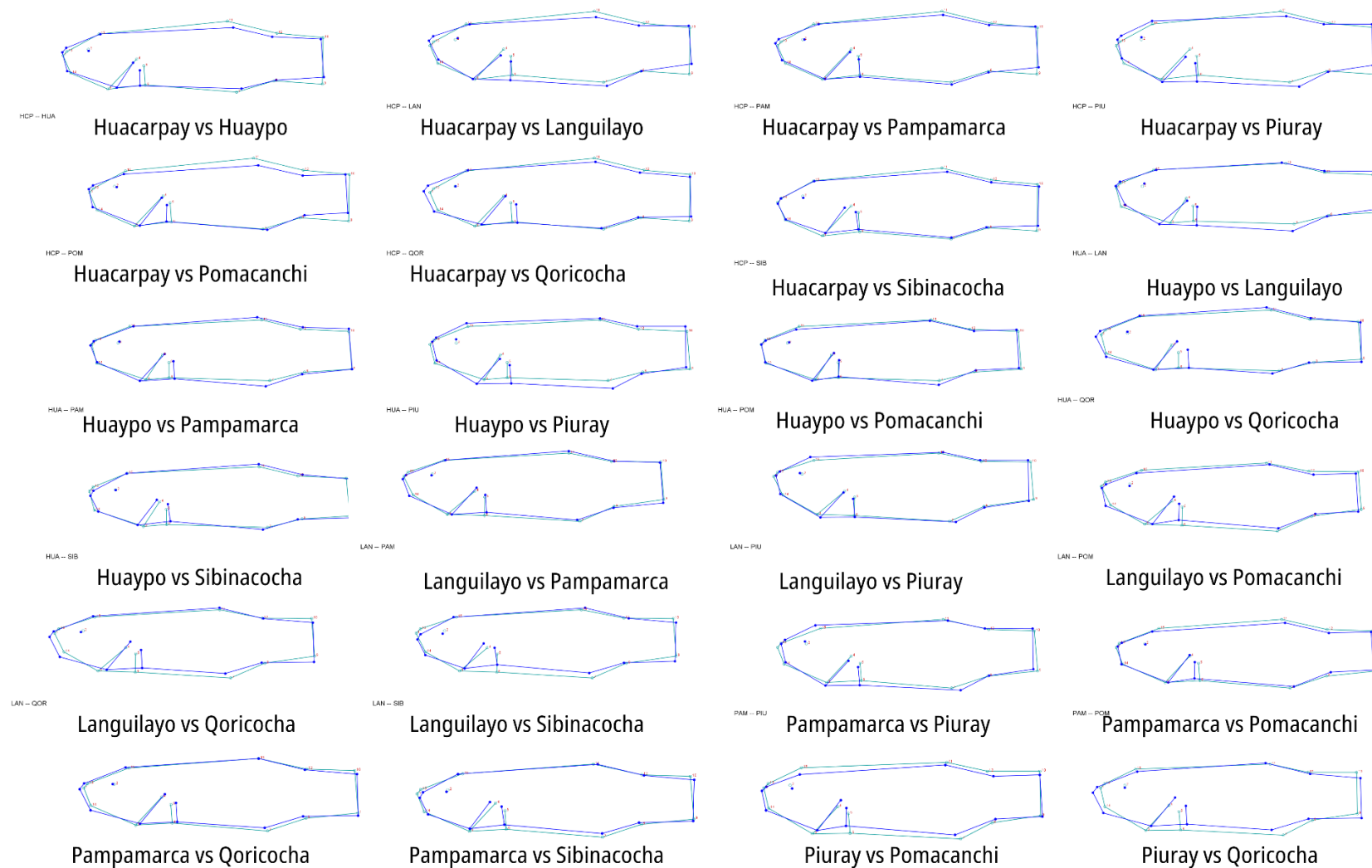
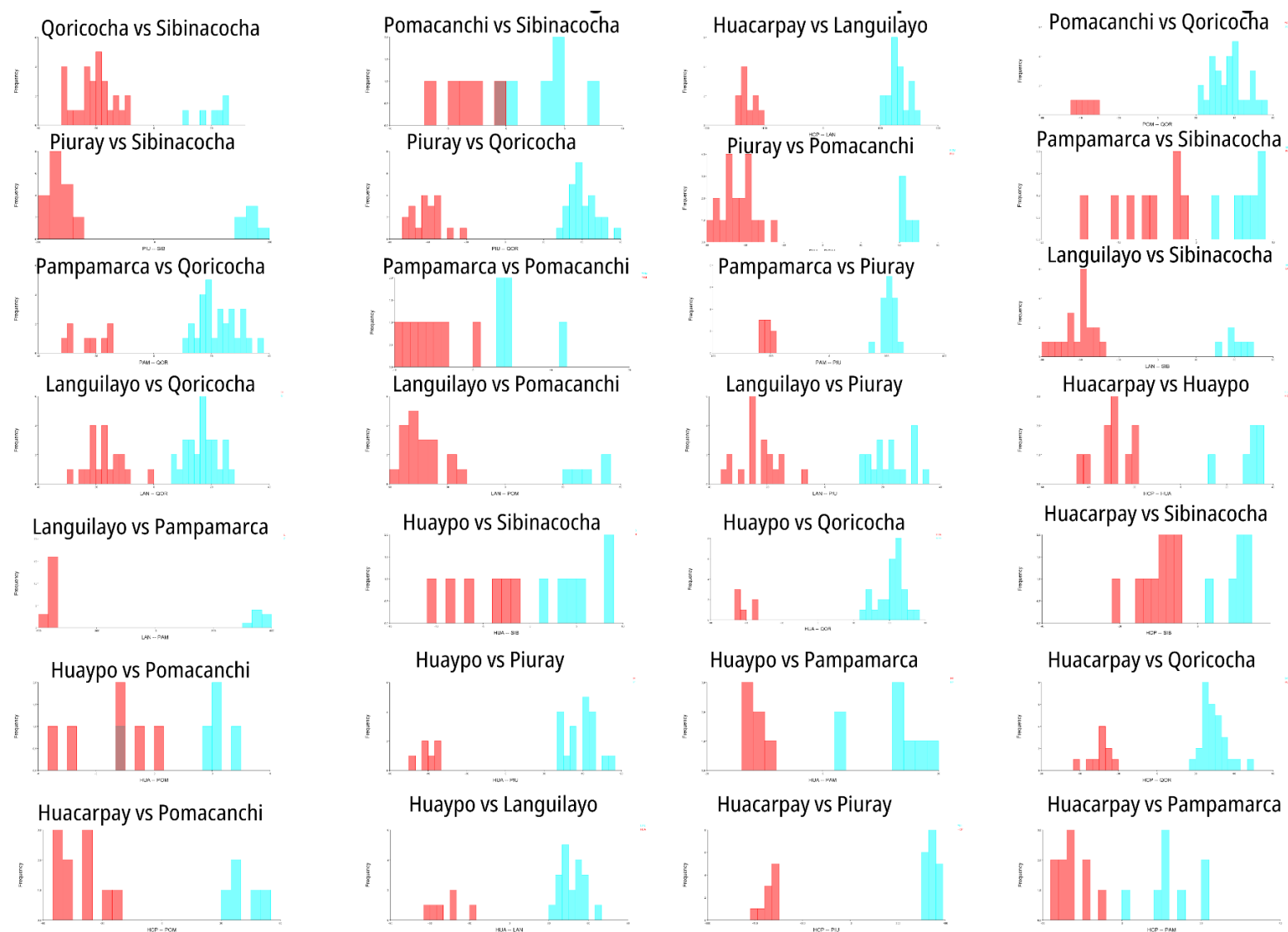


Figura 75. Analisis de función discriminante de *Orestias* (Histogramas)



4.4.4 Análisis de regresión para calcular alometría en el género de *Orestias* de las lagunas altoandinas del departamento del Cusco

Tabla 31. *Análisis de regresión para calcular alometría*

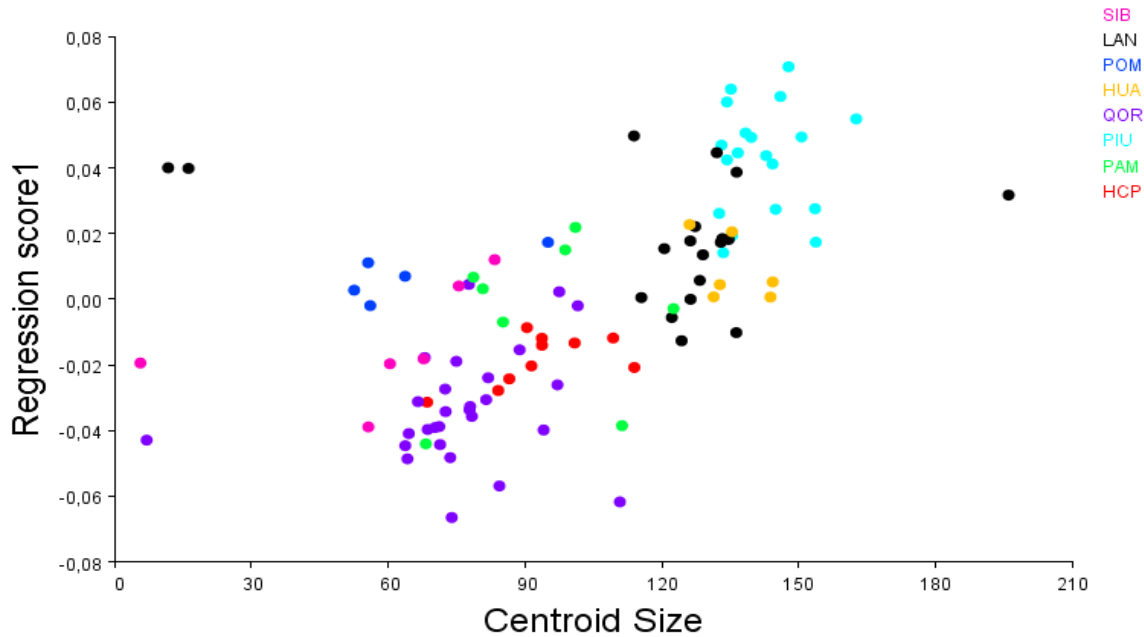
Sums of squares	
Total, SS:	0,3255
Predicted SS:	0,03676
Residual SS:	0,28874
% predicted:	11,3%

En la Tabla 31 se presenta el análisis de regresión aplicado para evaluar la presencia de alometría en las poblaciones de *Orestias* de lagunas altoandinas. Los resultados indican que el porcentaje de varianza explicada por el tamaño corporal es de 11,3%, lo que significa que poco más de una décima parte de las diferencias en la forma de los individuos está asociada directamente al tamaño.

Este valor relativamente bajo sugiere que la alometría no constituye el principal factor de variación morfológica entre las poblaciones analizadas. En otras palabras, la mayor parte de las diferencias de forma (88,7%) no depende del tamaño, sino que responde a otros factores, como posibles adaptaciones locales, presiones selectivas propias de cada laguna, o procesos evolutivos que actúan de manera independiente al crecimiento corporal.

Así, este resultado resalta que, aunque existe una influencia del tamaño sobre la forma, la morfología de *Orestias* en el departamento del Cusco estaría determinada en mayor medida por la diferenciación adaptativa y evolutiva entre poblaciones, más que por efectos alométricos.

Figura 76. *Análisis de regresión para el cálculo de alometría*



En la Figura 76 se presenta la dispersión de los individuos de *Orestias* obtenida a partir del análisis de regresión. En el eje de Centroid Size se representan los valores de tamaño, ordenados de izquierda a derecha desde los individuos más pequeños hasta los de mayor tamaño. Se observa que los especímenes de mayor tamaño corresponden a las lagunas Languilayo, Piuray y Huaypo, siendo Languilayo la que presenta el individuo de mayor talla registrada en este estudio.

El eje de Regression Score 1 refleja las variaciones en la forma. Los individuos ubicados cerca de cero presentan una forma típica de su población, mientras que aquellos que se alejan de este valor muestran mayor variabilidad morfológica. El gráfico sugiere que las poblaciones de *Orestias* de Languilayo y Piuray presentan una mayor influencia alométrica, es decir, en estas poblaciones la forma varía de manera más evidente en función del tamaño corporal. Asimismo, en ambas lagunas se distinguen dos agrupamientos de formas dentro de cada población, lo que podría estar relacionado con un posible dimorfismo sexual. En este género, las hembras tienden a alcanzar tallas mayores; por ello, los resultados sugieren que conforme aumenta el tamaño, las hembras

adquieren formas más diferenciadas respecto a los machos, fenómeno que parece ser más marcado en la población de Piuray.

Por otro lado, en las lagunas de Qoricocha, Pampamarca y Sibinacocha también se evidencia variación en la forma, aunque esta no se encuentra fuertemente asociada al tamaño. En estos casos, las diferencias podrían responder a otros factores, como dimorfismo sexual principalmente vinculado a la forma y no al tamaño, o incluso a la presencia de individuos pertenecientes a otras especies del género *Orestias* coexistiendo en estas lagunas.

4.4.5 Caracterización de morfotipo del género *Orestias* en lagunas altoandinas del departamento del Cusco

4.4.5.1 Caracterización de Morfotipo del género *Orestias* en la laguna de Pomacanchi

Figura 77. *Fotografía de Orestias en la laguna de Pomacanchi*

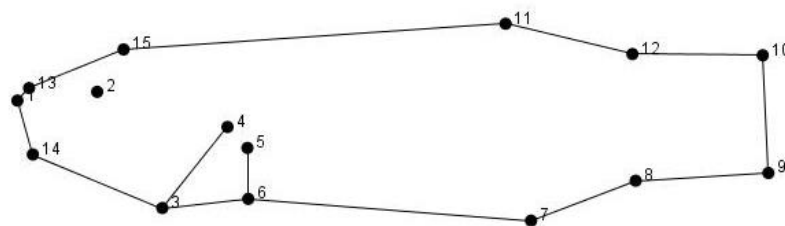


En la figura 77 se observa la fotografía in vivo del morfotipo del género *Orestias* que habita en la laguna de Pomacanchi. Presenta una coloración predominantemente marrón-amarillenta, con tonalidades más oscuras en la parte dorsal. Las aletas pélvica, pectoral, dorsal y anal no se encuentran altamente desarrolladas, lo que le confiere un aspecto más compacto.

Morfométricamente, se caracteriza por una longitud total promedio de 112.08 mm,

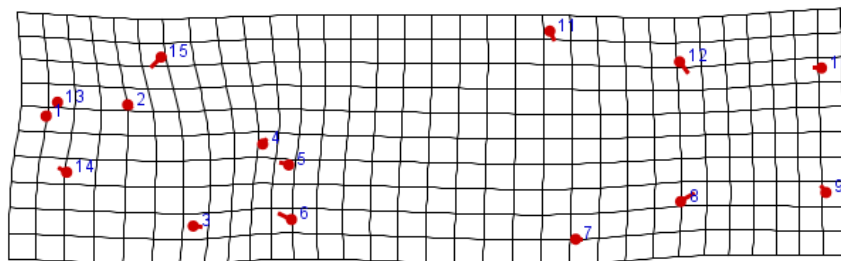
posicionándose entre los morfotipos más grandes. Se distingue por tener un pedúnculo caudal largo, con una longitud del pedúnculo (LP) que representa el 21.31% de la longitud total, el valor más alto de todas las localidades. Además, la longitud preanal (LPA) representa el 57.05%, también la más elevada, lo que sugiere una distribución elongada de los segmentos anteriores del cuerpo. Por otro lado, la largo de la aleta caudal (LAC) es de solo 17.20%, siendo la más corta registrada, lo que contribuye a su silueta truncada en la región posterior. Estos rasgos combinados confieren al morfotipo de Pomacanchi una apariencia más alargada en la región anterior y comprimida en la posterior, como se observa en la tabla 32.

Figura 78. CVA wireframe morfotipo de la laguna Pomacanchi



POM

Figura 79. Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Pomacanchi



POM

En la Figura 78 y 79 se observa la forma promedio de la población de *Orestias* de la laguna de Pomacanchi, se puede observar que los individuos de esta población debido a la deformación de las grillas, para todos los individuos del presente estudio se utilizó 15 landmarks, se observa que en promedio las *Orestias* de la laguna de Pomacanchi presentan deformación en las grillas relacionadas a su cabeza, lo que indica que se caracteriza por presentar un cráneo menos desarrollado, Así mismo presenta un opérculo más cercano a la inserción de sus aletas pectorales y las grillas de deformación del cuerpo indican un cuerpo ancho, con aletas dorsales y anales relativamente más pequeños que el promedio.

4.4.5.2 Analisis de morfotipo del género *Orestias* en la laguna de Piuray

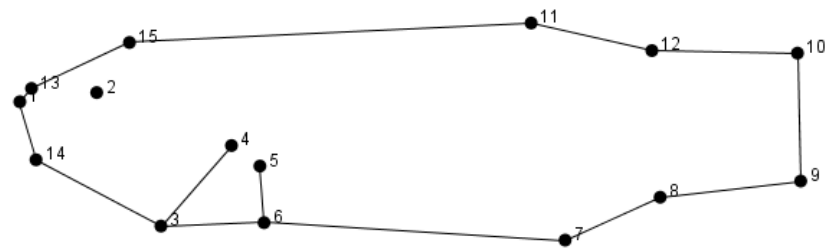
Figura 80. Fotografía *Orestias* laguna de Piuray



En la figura 80 se observa la fotografía in vivo del morfotipo del género *Orestias* que habita en la laguna de Piuray. Este presenta una coloración predominantemente oscura-azulesca, con un tono más intenso en la región dorsal. Se evidencian escamas dorsales desarrolladas, y aletas anal, dorsal y caudal proporcionalmente amplias. La cabeza es achatada y presenta una boca protráctil poco desarrollada.

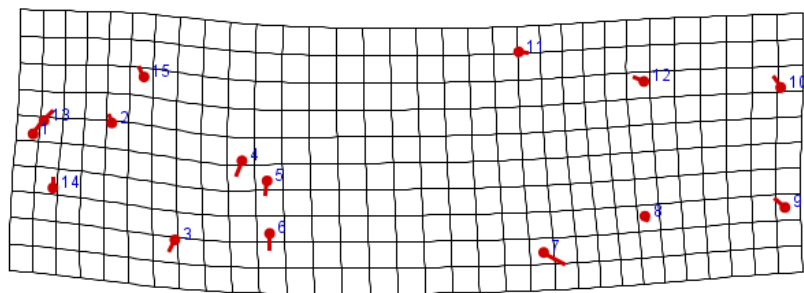
Morfométricamente, se caracteriza por presentar una longitud total promedio de 114.76 mm, siendo uno de los morfotipos más grandes registrados. La longitud del pedúnculo caudal (LP) representa solo el 16.95% de la longitud total, el valor más bajo entre todas las localidades, indicando una región caudal más corta. La base de la aleta dorsal (BAD) es también corta, con un valor de 12.72%, mientras que la longitud entre la apertura bucal y la aleta anal (LAA) representa el 17.61%. En contraste, el ancho de la cabeza (ANCB) alcanza un valor de 17.06%, el más alto entre los morfotipos analizados, lo cual resalta en la silueta de esta población, la diferenciación completa se encuentra en la tabla 32.

Figura 81. CVA wireframe morfotipo de la laguna Piuray



PIU

Figura 82. Grillas de deformación del morfotipo de *Orestias* en la laguna de Piuray



PIU

En la Figura 80 y 82 se observa la forma promedio de la población de *Orestias* de la laguna

de Piuray, se puede observar que los individuos de esta población debido a la deformación de las grillas, se observa que en promedio las *Orestias* de la laguna de Piuray presentan deformación en las grillas relacionadas a su cabeza, lo que indica que se caracteriza por presentar un cráneo más corto, y una boca más pegada al cuerpo, las grillas de deformación del cuerpo indican un cuerpo más robusto, con aletas dorsales y anales relativamente desarrolladas y un pedúnculo más corto en relación al cuerpo y cuerpo ventralmente concavo.

4.4.5.3 Analisis de morfotipo del género Orestias en la laguna de Languilayo

Figura 83. Fotografía morfotipo *Orestias* laguna de Langui-Layo

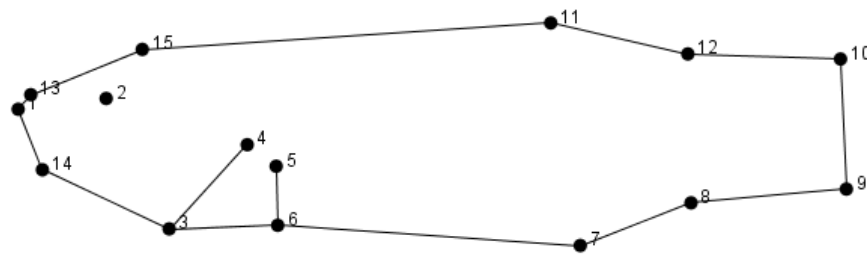


En la figura 83, se observa la fotografía in vivo del morfotipo del género *Orestias* que habita en la laguna de Languilayo. Este presenta una coloración predominantemente oscura, aunque se observan algunos individuos con tonalidades amarillentas. Las escamas están bien desarrolladas en la región dorsal y por encima de la línea lateral. Las aletas anal, dorsal y caudal se encuentran bien desarrolladas, lo que le confiere un perfil corporal aerodinámico.

Morfométricamente, este morfotipo se caracteriza por poseer la aleta dorsal más larga del conjunto, con una longitud (LAD) del 21.06% de la longitud total del cuerpo, así como la base de esa aleta (BAD) más amplia, representando el 14.66%. Además, muestra una aleta caudal desarrollada es decir la medida alto máximo de la aleta caudal (AMC) del 14.64%. La parte

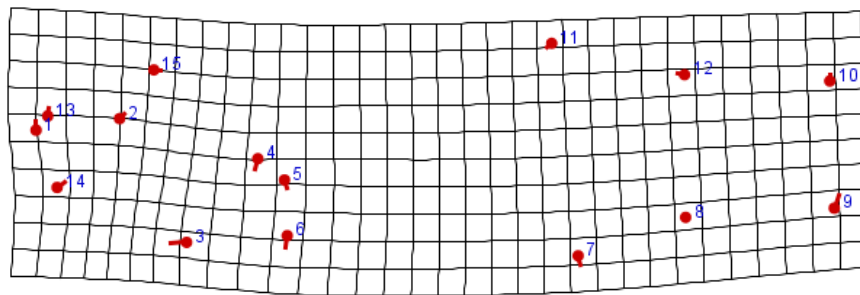
posterior también está bien desarrollada, destacando una longitud a la aleta anal (LAA) del 18.92%. Finalmente, se observa una mandíbula levemente alargada en la medida longitud del hocico (LH) del 6.37%. Estos rasgos sugieren una posible especialización natatoria o funcional respecto a su hábitat. Se presenta los datos morfométricos en la tabla 32.

Figura 84. *CVA wireframe morfotipo de la laguna Languilayo*



LAN

Figura 85. *Grillas de deformación del morfotipo de Orestias en la laguna de Languilayo*



LAN

En la Figura 84 y 85, se observa la forma promedio de la población de *Orestias* de la laguna de Languilayo, se puede observar que los individuos de esta población debido a la deformación de

las grillas, se observa que en promedio las *Orestias* de la laguna de Languilayo presentan deformación en las grillas relacionadas a su cabeza, lo que indica que se caracteriza por presentar un cráneo más largo y más ensanchado, y las curvaturas de la grilla indican que presentan la cabeza más redondeada, las grillas de deformación del cuerpo indican un cuerpo más robusto, con aletas dorsales y anales desarrolladas .

4.4.5.4 Analisis de morfotipo del género Orestias en el humedal Lucre-Huacarpay

Figura 86. Fotografía *Orestias* morfotipo del Humedal Lucre-Huacarpay

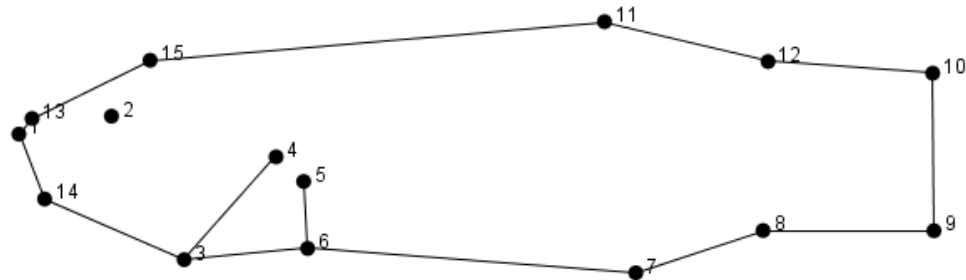


En la figura 86, se observa la fotografía in vivo del morfotipo del género *Orestias* que habita en el humedal Lucre-Huacarpay. Este presenta una coloración predominantemente amarillenta con tonos marrones, siendo más oscura en la zona dorsal. La línea lateral es visible y las escamas se presentan menos desarrolladas en comparación con otras localidades.

Las aletas dorsal, anal, caudal y pectoral están bien desarrolladas. Destaca el largo de la aleta caudal (LAC), que representa el 21.29% de la longitud total del cuerpo, así como el largo de la aleta dorsal (LAD) con un 21.56%, y su base (BAD) con un 13.64%. Además, este morfotipo presenta una cabeza relativamente alargada, con una longitud de cabeza (LCB) del 22.29%.

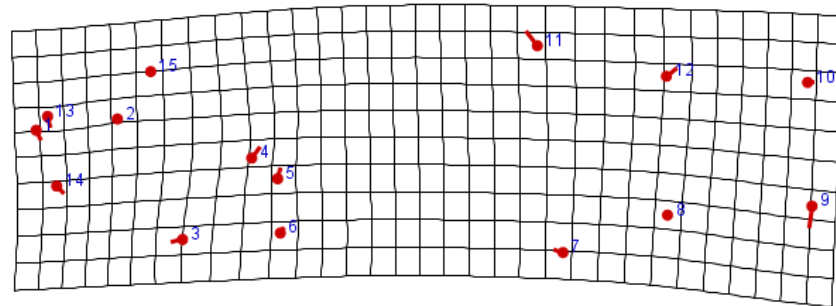
Estos valores reflejan un morfotipo con extremidades natatorias bien definidas, posiblemente adaptado a condiciones de mayor movilidad. Se presentan los datos morfométricos en la tabla 32.

Figura 87. CVA wireframe morfotipo del humedal Lucre-Huacarpay



HCP

Figura 88. Grillas de deformación del morfotipo de *Orestias* en el humedal Lucre-Huacarpay



HCP

En la Figura 87 y 88, se observa la forma promedio de la población de *Orestias* del humedal Lucre-Huacarpay, se puede observar que los individuos de esta población debido a la deformación de las grillas, se observa que en promedio las *Orestias* del humedal Lucre- Huacarpay presentan deformación en las grillas relacionadas a su cabeza, lo que indica que se caracteriza por

presentar una orientada hacia abajo y un opérculo más desarrollado, las grillas de deformación presentan una curvatura del cuerpo, indican un cuerpo dorsalmente convexo más robusto, con aletas dorsales más desarrolladas y en pedúnculo caudal más ancho.

4.4.5.5 Analisis de morfotipo del género *Orestias* en la laguna de Qoricocha

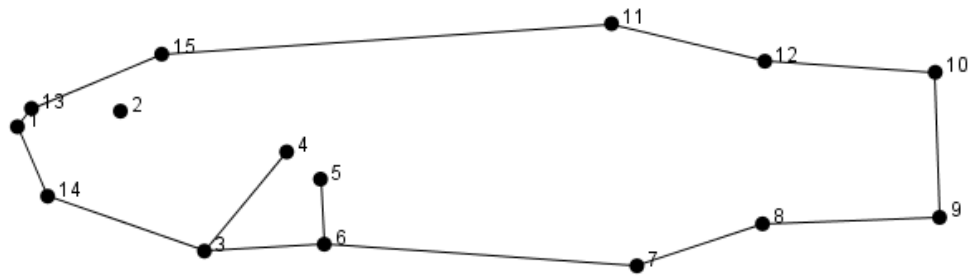
Figura 89. Fotografía morfotipo de *Orestias* laguna Qoricocha



En la figura 89, se observa la fotografía in vivo del morfotipo del género *Orestias* que habita en la laguna de Qoricocha. Este presenta una coloración predominantemente marrón-verdusca, con escamas menos desarrolladas, pero de mayor tamaño en la región dorsal, especialmente por encima de la línea lateral. Las aletas anal, dorsal y caudal se encuentran bien desarrolladas, lo que le otorga un contorno corporal robusto.

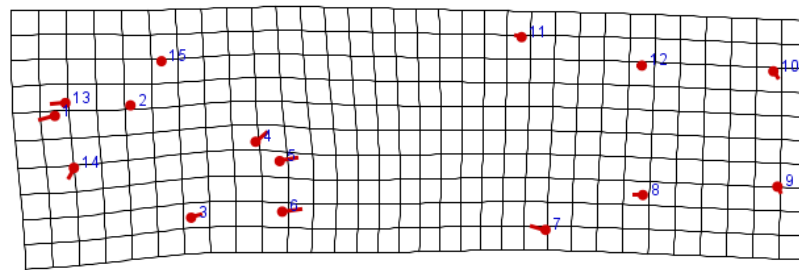
Morfométricamente, destaca por una mandíbula más prominente, con una medida del largo del hocico (LH) del 7.42% de la longitud total, así como una longitud de cabeza (LCB) del 21.79%. La boca protráctil también está bien desarrollada. Además, la aleta caudal muestra un alto máximo (AMC) del 13.04% y la aleta dorsal presenta un largo (LAD) del 19.44%, contribuyendo a una silueta adaptada posiblemente a desplazamientos más eficientes. Se presentan los datos morfométricos en la tabla 32.

Figura 90. CVA wireframe morfotipo de la laguna Qoricocha



QOR

Figura 91. Grillas de deformación del morfotipo de *Orestias* en la laguna de Qoricocha



QOR

En la Figura 90 y 91, se observa la forma promedio de la población de *Orestias* de la laguna Qoricocha puede observar que los individuos de esta población debido a la deformación de las grillas, se observa que en promedio las *Orestias* de la laguna de Qoricocha presentan deformación en las grillas relacionadas a su cabeza, lo que indica que se caracteriza por presentar un cráneo más alargado mayormente debido al desarrollo su boca, y un opérculo relativamente más desarrollado, las grillas de deformación presentan una curvatura relativa del cuerpo, indican un cuerpo dorsalmente convexo con una aleta caudal orientada relativamente hacia abajo, con aletas anales más desarrolladas.

4.4.5.6 Analisis de morfotipo del género *Orestias* en la laguna de Sibinacocha

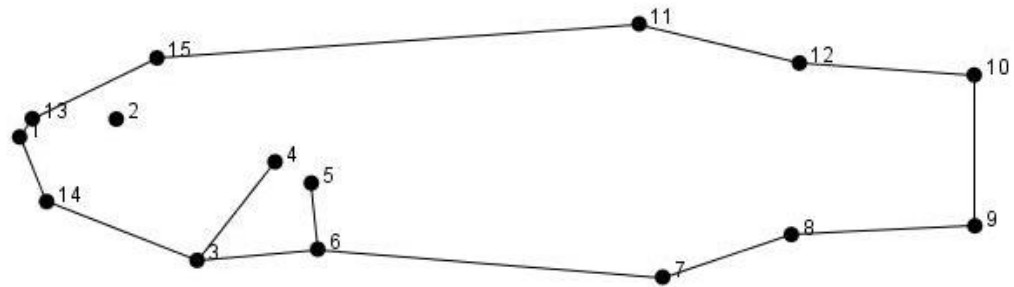
Figura 92. Fotografía morfotipo de *Orestias* laguna Sibinacocha



En la figura 92, se observa la fotografía in vivo del morfotipo del género *Orestias* que habita en la laguna de Sibinacocha. Este presenta una coloración predominantemente marrón-amarillezca, con la presencia de máculas oscuras en las aletas, especialmente visibles en los machos. Las escamas están relativamente desarrolladas, y se observan de mayor tamaño por encima de la línea lateral. Las aletas dorsal y caudal se encuentran desarrolladas, en especial en ejemplares masculinos.

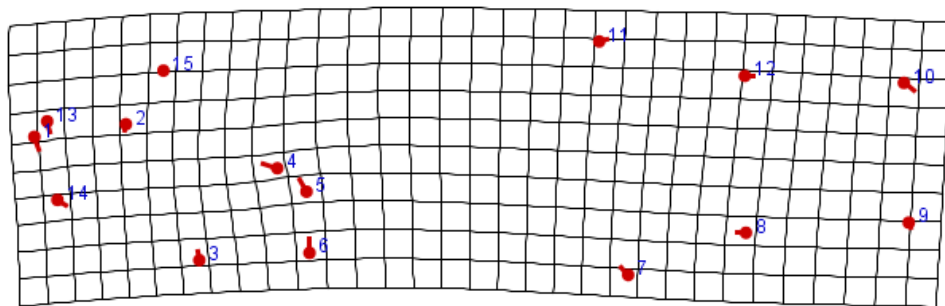
Desde un enfoque morfométrico, este morfotipo muestra una cabeza más corta en comparación con otros, con una longitud de cabeza (LCB) del 19.52% de la longitud total. La longitud de la aleta dorsal (LAD) representa un 17.83%, mientras que el alto máximo de la aleta caudal (AMC) alcanza el 14.33%. Estos rasgos podrían estar asociados a adaptaciones ecológicas particulares del ambiente de alta montaña de Sibinacocha. Como se observa en la tabla 32.

Figura 93. CVA wireframe morfotipo de la laguna Sibinacocha



SIB

Figura 94. Grillas de deformación del morfotipo de *Orestias* en la laguna de Sibinacocha



SIB

En la Figura 93 y 94, se observa la forma promedio de la población de *Orestias* de la laguna Sibinacocha puede observar que los individuos de esta población debido a la deformación de las grillas, se observa que en promedio las *Orestias* de la laguna de Sibinacocha presentan deformación en las grillas relacionadas a su cabeza, lo que indica que se caracteriza por presentar un cráneo relativamente corto y redondeado con la orientación de la boca relativamente hacia

abajo, y un opérculo relativamente desarrollado, las grillas de deformación presentan una curvatura relativa del cuerpo, indican un cuerpo dorsalmente convexo con una aleta caudal orientada relativamente hacia abajo, con aletas pectorales relativamente orientadas hacia abajo.

4.4.5.7 Analisis de morfotipo del género Orestias en la laguna de Huaypo

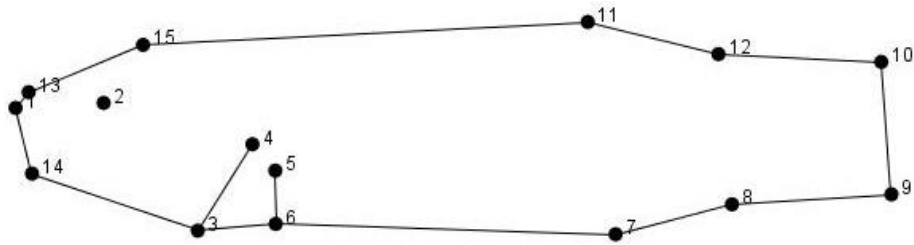
Figura 95. *Fotografía morfotipo Orestias de la laguna de Huaypo*



En la figura 95, se observa la fotografía in vivo del morfotipo del género *Orestias* que habita en la laguna de Huaypo. Este presenta una coloración predominantemente oscura-gris, con patrones marrón-amarillezcos en la región de la cabeza y la aleta caudal. También destaca una coloración oscura en la zona ocular. Las escamas se encuentran relativamente desarrolladas, siendo más grandes por encima de la línea lateral. Las aletas se presentan desarrolladas, especialmente la caudal.

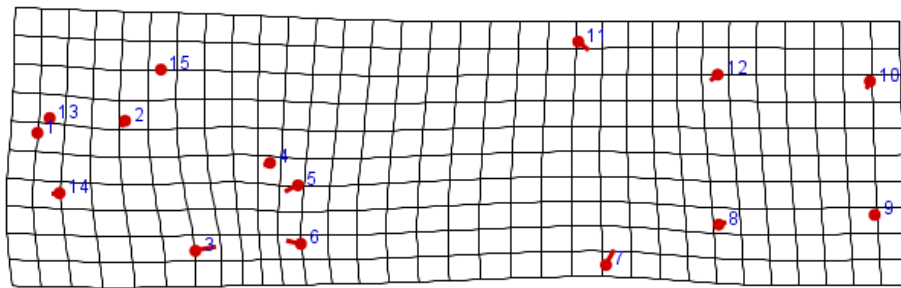
Morfométricamente, este morfotipo muestra una cabeza alargada, con un largo de cabeza (LCB) del 21.43% con respecto a la longitud total. La aleta caudal está bien proporcionada, destacando un alto máximo de la aleta caudal (AMC) de 13.27%. Además, la longitud de la aleta dorsal (LAD) alcanza el 18.04%, lo que refuerza su perfil natatorio. Se presentan los datos morfométricos en la tabla 32.

Figura 96. CVA wireframe morfotipo de la laguna Huaypo



HUA

Figura 97. Grillas de deformación del morfotipo de *Orestias* en la laguna de Huaypo



HUA

En la Figura 96 y 97 se observa la forma promedio de la población de *Orestias* de la laguna Huaypo puede observar que los individuos de esta población debido a la deformación de las grillas, se observa que en promedio las *Orestias* de la laguna de Huaypo presentan deformación en las grillas relacionadas a su cabeza, lo que indica que se caracteriza por presentar un cráneo alargado, y un opérculo relativamente orientado hacia las aletas pectorales, las grillas de deformación del cuerpo, indican un cuerpo dorsalmente más plano, con aletas pectorales relativamente más estrechas en su inserción, y aleta anal más desarrollado.

4.4.5.8 Analisis de morfotipo del género *Orestias* en la laguna de Pampamarca

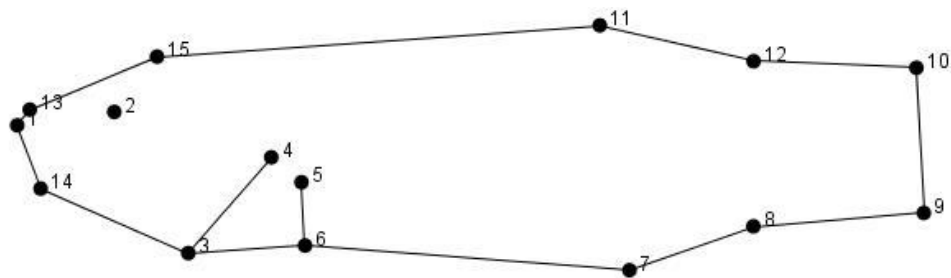
Figura 98. Fotografía *Orestias* de la laguna de Pampamarca



En la figura 98, se observa la fotografía in vivo del morfotipo del género *Orestias* que habita en la laguna de Pampamarca. Este presenta una coloración predominantemente marrón-amarillenta. Las escamas son pequeñas y menos desarrolladas, especialmente por encima de la línea lateral. Las aletas dorsal, anal y caudal se encuentran bien desarrolladas, lo que le proporciona una buena capacidad de propulsión.

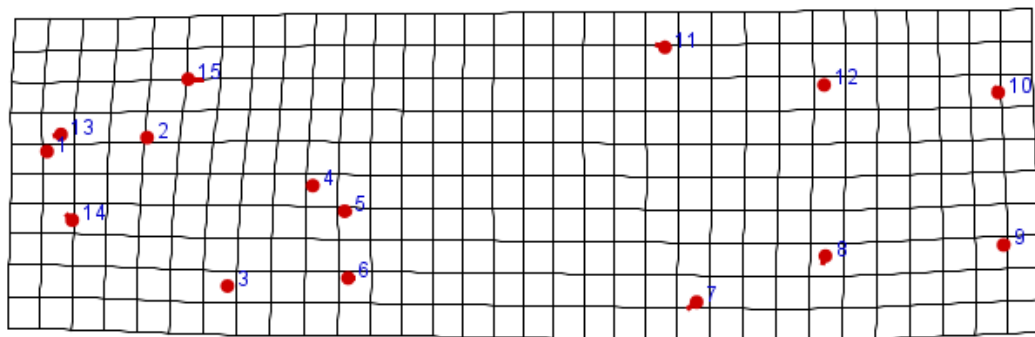
Morfométricamente, este morfotipo destaca por presentar una cabeza alargada con una terminación bucal puntiaguda. La longitud del hocico (LH) alcanza el 7.33% de la longitud total del cuerpo, mientras que la longitud de la cabeza (LCB) representa el 22.15%. La aleta caudal presenta un alto máximo (AMC) del 13.57%, lo que indica un buen desarrollo natatorio. Se presentan los datos morfométricos en la tabla 32

Figura 99. CVA wireframe morfotipo de la laguna Pampamarca



PAM

Figura 100. Grillas de deformación del morfotipo de *Orestias* en la laguna de Pampamarca



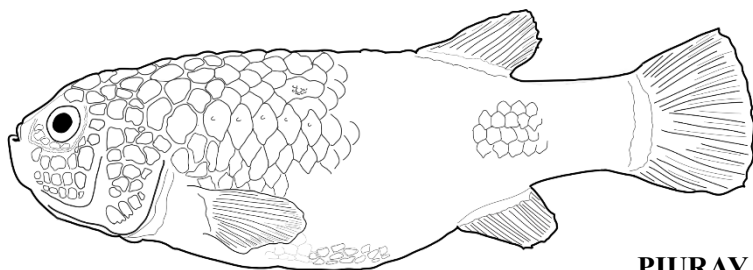
PAM

En la Figura 99 y 100, se observa la forma promedio de la población de *Orestias* de la laguna de Pampamarca se puede observar que los individuos de esta población debido a la deformación de las grillas, se observa que en promedio las *Orestias* de la laguna de Pampamarca presentan una menor deformación en las grillas relacionadas, lo que indica en morfometría geométrica que es la forma consenso o promedio de los morfotipos del presente estudio.

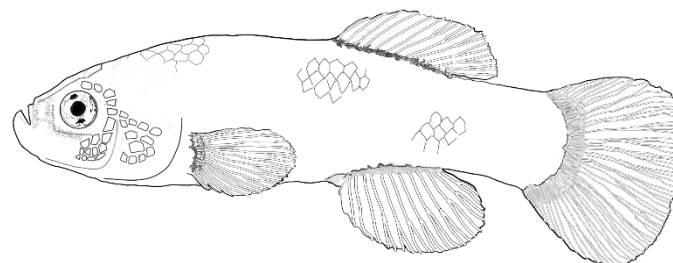
Tabla 32. Descripción morfométrica promedio de los morfotipos del género *Orestias* según localidad

Variable (%)	Huaypo	Languilayo	Lucre-Huacarpay	Pampamarca	Piuray	Pomacanchi	Qoricocha	Sibinacocha
Ltotal (mm)	110.82	104.29	74.34	76.92	114.76	112.08	62.93	57.12
Lestandar	83.85	82.45	81.05	81.58	82.34	87.26	80.76	81.02
ALC	18.79	17.58	20.22	17.59	18.60	17.76	18.78	17.35
LP	17.84	18.35	18.24	18.77	16.95	21.31	17.97	19.59
AP	11.81	12.02	13.30	11.93	12.50	12.16	11.22	11.31
ANP	2.74	3.46	3.75	4.34	4.17	3.44	3.89	3.85
LAP	13.64	14.09	13.92	12.65	14.29	12.89	15.16	13.41
ALPEC	9.10	9.27	9.60	8.88	10.12	9.09	9.55	9.09
BAPEC	5.90	6.42	6.65	6.15	6.47	5.71	6.56	6.20
LAC	18.86	18.46	21.29	20.11	18.36	17.20	21.12	20.80
AMC	13.50	14.64	18.68	17.46	16.65	15.59	16.70	15.11
LAD	18.49	21.06	21.56	20.87	19.51	20.32	21.39	19.17
BAD	11.74	14.66	15.48	14.27	12.72	13.95	13.67	13.18
LAA	17.29	18.92	17.80	18.77	17.61	17.56	19.66	16.61
BAA	10.67	11.72	11.50	11.73	10.31	12.02	11.11	10.31
LPD	52.96	49.09	49.26	49.96	50.96	52.17	50.28	49.68
LPA	56.62	53.43	51.72	53.11	55.56	57.05	51.34	51.14
LPP	25.13	23.76	24.07	24.64	24.56	24.28	26.39	23.30
LCB	22.20	21.03	22.29	21.41	21.64	21.38	22.66	18.73
ACB	15.40	14.38	15.63	14.61	15.86	14.38	14.48	13.48
ANCB	16.38	14.64	16.28	13.27	17.06	15.37	13.84	11.29
LH	5.22	6.37	6.97	6.14	6.41	6.00	6.48	6.14
POJ	9.59	10.22	10.82	9.49	9.85	9.10	10.42	8.67
DOJ	5.03	5.07	5.62	5.62	5.04	4.91	6.66	5.27
DIOR	5.77	6.62	7.60	6.49	6.36	7.02	6.52	5.88
LPOR	11.78	10.07	10.88	9.61	10.34	10.44	9.50	8.32
AB	6.30	6.88	7.55	6.98	6.07	7.00	6.86	7.41

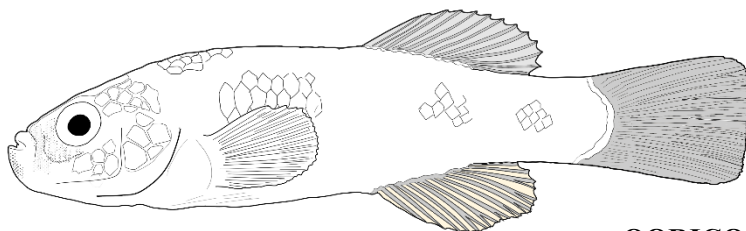
Figura 101. *Ilustración de los morfotipos del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco*



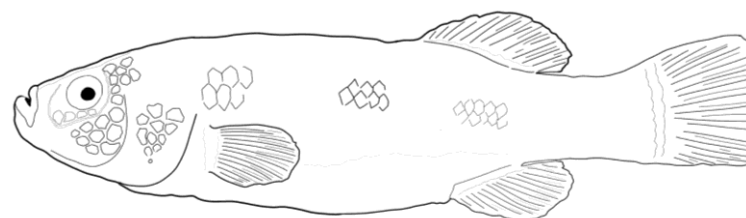
PIURAY



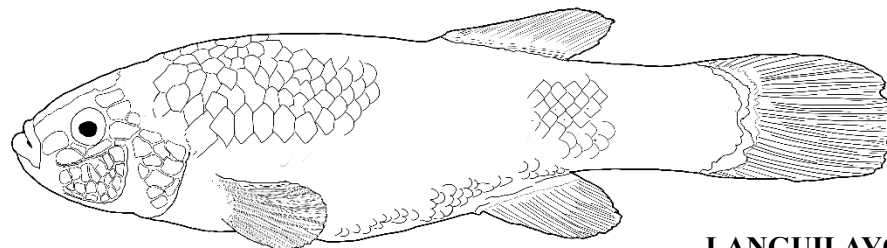
LUCRE-HUACARPAY



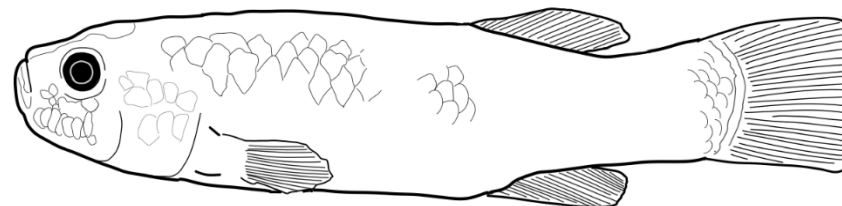
QORICOCHA



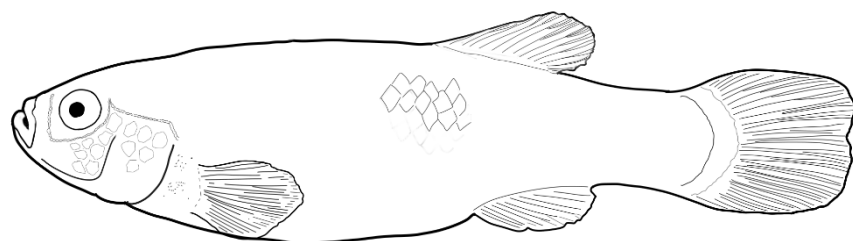
POMACANCHI



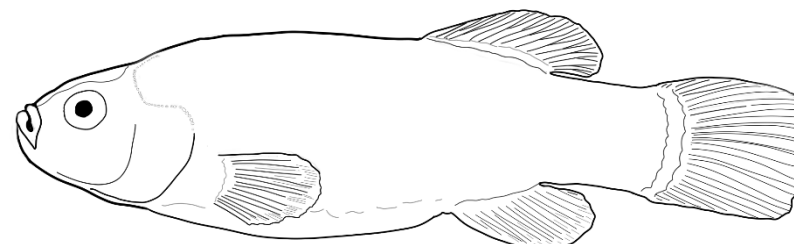
LANGUILAYO



HUAYPO



SIBINACOCOA



PAMPAMARCA

DISCUSIÓN

En este estudio se caracterizaron ocho morfotipos de *Orestias* presentes en lagunas altoandinas del departamento del Cusco. Se trata de uno de los primeros trabajos que integran el análisis de longitud, peso, morfometría lineal, morfometría geométrica y su relación con factores ambientales en poblaciones de este género en la región.

En comparación con el trabajo pionero de Eigenmann & Allen (1942), quienes describieron especímenes capturados en diciembre de 1918 durante la expedición Irwing (1918–1919) patrocinada por la Universidad de Indiana, se evidencian diferencias notables. Dichos autores registraron tamaños de *Orestias mulleri* entre 30 y 90 mm en localidades como el río Huatanay, la laguna de Urcos y Languilayo. También reportaron *Orestias owenii* (hoy sinonimizada como *O. agassii*) con tallas de 35 a 112 mm, además de *Orestias rospigliosi* (especie no reconocida) en Langui con un tamaño de 53 mm, aunque la descripción fue incompleta y los ejemplares tipo no se conservaron. Asimismo, señalaron la presencia de *O. agassii* en la laguna de Huaypo y en el valle del Cusco, y de *Orestias pentlandii* var. *fuscus* en Urubamba, conocido localmente como “boguilla”. Finalmente, describieron *Orestias jussei* en la laguna de Piuray con tallas entre 33 y 85 mm.

En la laguna de Languilayo, nuestros resultados muestran que los individuos adultos alcanzaron un promedio de 104.29 mm de longitud total, superando tanto el rango reportado para *O. mulleri* (38–84 mm) como el tamaño de 53 mm descrito para *O. rospigliosi*. El mínimo registrado fue de 91 mm y la mediana de 101.08 mm, reflejando una marcada dispersión de tallas. Este patrón sugiere la posible coexistencia de más de una población o simplemente se sugiere una alta variación morfológica intraespecífica. Así mismo se debe tener cuidado con estos reportes históricos ya que muchos de las descripciones de especies fueron realizadas con juveniles según

Parenti.

En Huaypo, donde Eigenmann & Allen (1942) registraron ejemplares juveniles de *O. agassii*, en el presente estudio los individuos adultos presentaron tallas mayores, lo que refleja diferencias tanto en la estructura poblacional como en la metodología de muestreo. De manera general, las poblaciones analizadas presentaron una media de 88.04 mm de longitud total, con valores máximos de 145.38 mm en Languilayo y mínimos de 48.14 mm en Sibinacocha.

Tchernavin (1944) describió *Orestias langui* (actualmente sinonimizada con *O. agassii*), señalando que las hembras alcanzaban hasta 74 mm y los machos entre 53 y 62 mm, con ejemplares colectados cerca del pueblo de Langui. También mencionó a *O. agassii subsp. oweni* en la laguna de Urcos con 59.8 mm, aunque dichos individuos se perdieron, y a *O. pentlandii* en el valle del Cusco con tallas de hasta 158 mm. Aunque en nuestro estudio no se registraron longitudes semejantes a 158 mm, el máximo de 145.38 mm en Languilayo sugiere la existencia de adultos de gran tamaño aún no documentados. La dispersión observada refuerza la hipótesis de coexistencia de múltiples poblaciones en esta laguna.

En Urcos no se lograron coleccionar ejemplares debido a restricciones municipales y a la presencia de especies exóticas (pejerrey y carpa). Sin embargo, la prohibición de pesca podría favorecer la persistencia de *Orestias*, como ocurre en otras lagunas estudiadas (Pomacanchi, Piuray y Qoricocha), donde, pese a presiones similares, las poblaciones se mantienen.

Parenti (1984) sinonimizó *O. langui* con *O. agassii*, incluyéndola dentro del rango de variación típico de la especie, y describió *Orestias munda* como nueva especie para Cusco, con tallas máximas de 45 mm. No obstante, advirtió que las medidas lineales resultaban insuficientes para diferenciarla de otras especies del complejo *agassii*. En nuestro estudio, los individuos más pequeños (48.14 mm en Sibinacocha) superan el tamaño máximo reportado para *O. munda*, sin

corresponder a su descripción morfológica, lo que cuestiona la validez diagnóstica de las tallas reducidas como criterio de diferenciación.

Es importante resaltar que la mayoría de los estudios previos se basaron en colectas antiguas (1918–1941) y en variables morfométricas tradicionales. Parenti incorporó osteología para diferenciar especies, dado que *Orestias* presenta un número similar de radios y proporciones corporales que dificultan la identificación exclusiva mediante medidas lineales. En este contexto, la incorporación de herramientas estadísticas multivariadas y enfoques geométricos resulta fundamental para la delimitación taxonómica.

En nuestro caso, el Análisis de Componentes Principales (PCA) permitió diferenciar de forma preliminar las poblaciones, mientras que el Análisis Discriminante Lineal (LDA) evidenció una clara separación de Pomacanchi, Huaypo, Piuray y Sibinacocha respecto a Languilayo, Pampamarca, Qoricocha y Lucre-Huacarpay, que mostraron mayor similitud. Estos resultados son consistentes con los de Loayza et al. (2021), quienes lograron discriminar poblaciones de *Orestias* en Bolivia mediante medidas lineales.

El Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) reveló relaciones significativas entre la morfología y factores ambientales: Piuray se asoció con el pH, Huaypo con la salinidad, Languilayo con el área de espejo y Sibinacocha con la altitud. En contraste, no se observaron vínculos relevantes con la conductividad ni con los sólidos totales disueltos, lo cual coincide con Scott et al. (2020b), quienes reportaron que las diferencias morfológicas en *Orestias* están más influenciadas por sistemas iónicos específicos (clorados y sulfatados).

En cuanto a la morfometría geométrica, el PCA mostró agrupamientos parciales de las poblaciones, aunque fue el Análisis de Varianza Canónica (CVA) el que permitió diferenciarlas con mayor precisión, especialmente en Huaypo, Pomacanchi, Languilayo, Piuray y Qoricocha.

Este patrón concuerda con lo reportado por Cruz-Jofré et al. (2014), quienes emplearon 15 landmarks y CVA para distinguir poblaciones de *Orestias* en Chile, Bolivia y Perú.

El análisis de promedios de forma reveló seis morfotipos bien diferenciados. Aunque Huaypo y Pomacanchi compartieron configuraciones promedio similares, las grillas de deformación mostraron divergencias claras entre ambas poblaciones. Además, se detectó una alometría del 11.3%, indicando que la variación en la forma está asociada al crecimiento. Asimismo, se evidenció mayor plasticidad fenotípica en Piuray, Languilayo y Qoricocha, lo que coincide con la alta variabilidad morfológica documentada por Eigenmann & Allen (1942).

Finalmente, Araya (2024) evidencia que *Orestias agassii* no se distribuye en el departamento de Cusco; en consecuencia, la única especie actualmente considerada válida para la región es *Orestias munda*. Los rasgos morfológicos analizados permiten asimismo proponer la sugerencia de revalidar a *Orestias langui* y, en caso de confirmarse la presencia de individuos en la laguna de Urcos, la revalidación de *Orestias owenii* (previo estudios morfológicos y genéticos) como especies autóctonas de Cusco, dado que ambas tienen como localidad tipo a Cusco y fueron sinonimizadas con *O. agassii*. Por otro lado, los reportes de *O. pentlandi*, *O. mulleri*, *O. jussiei* y *O. lutea* en Cusco deben considerarse con cautela, puesto que sus localidades tipo corresponden al Lago Titicaca (una cuenca diferente) y, según lo señalado por Araya, las poblaciones de Cusco constituyen un linaje independiente a las del Titicaca.

Estos hallazgos cuestionan la visión tradicional sobre la diversidad de *Orestias* en Cusco y actualizan el conocimiento tras más de ocho décadas sin estudios detallados. Asimismo, abren nuevas perspectivas de investigación, incluida la posible descripción de especies aún no reconocidas, y subrayan la importancia de combinar enfoques morfológicos, ecológicos y estadísticos en la conservación y manejo de estas poblaciones altoandinas.

CONCLUSIONES

- 1 Las poblaciones del género *Orestias* en las lagunas altoandinas del departamento de Cusco presentan una amplia variabilidad en talla y peso, con diferencias significativas entre lagunas. Asimismo, el factor de condición varió entre poblaciones, reflejando distintos estados fisiológicos que podrían estar relacionados con las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos en cada hábitat.
- 2 Los factores ambientales —como altitud, área de espejo, pH y salinidad— y las características morfológicas lineales, mostraron perfiles distintivos para cada población. Esta diversidad evidencia adaptaciones locales de las poblaciones de *Orestias* a las condiciones particulares de cada laguna.
- 3 Se identificaron correlaciones significativas entre factores ambientales específicos (altitud, área de espejo, pH) y las variaciones morfológicas en las poblaciones de *Orestias*, lo que sugiere que las condiciones ambientales influyen directamente en la forma y tamaño de los peces, indicando patrones de adaptación morfológica a diferentes ambientes.
- 4 El análisis de morfometría geométrica permitió la identificación de morfotipos diferenciados entre las poblaciones estudiadas. Los análisis multivariados (PCA y CVA) evidenciaron una clara discriminación morfológica complementada con la morfometría lineal, confirmando una variabilidad significativa dentro del género *Orestias* en las lagunas altoandinas de Cusco.

RECOMENDACIONES

- Antes de realizar cualquier colecta es necesario solicitar permiso a la entidad competente (PRODUCE) y, en caso de lagunas cercanas a centros poblados, presentarse ante la comunidad para explicar los fines del estudio.
- En la colecta se recomienda el uso de redes de espera con diferentes cocadas, de manera que se representen la población de adultos y se eviten sesgos al utilizar un solo arte de pesca.
- Las mediciones de peso y longitud deben hacerse en vivo o inmediatamente después de la fijación, ya que algunos fijadores pueden modificar el tamaño y deshidratar los especímenes, alterando los resultados.
- Los parámetros fisicoquímicos deben registrarse siempre a la misma hora del día, con un mínimo de tres repeticiones para obtener valores promedios. Es preferible utilizar un mismo multiparámetro durante todo el estudio, debido a que las marcas comerciales suelen presentar sensibilidades y calibraciones diferentes.
- Se recomienda realizar estudios considerando la diferenciación entre sexos y temporadas en cada laguna, ya que se han encontrado evidencias de dimorfismo sexual en poblaciones de Languilayo, Piuray y el humedal Lucre-Huacarpay.
- Para la fijación y posterior toma de fotografías en los análisis de morfometría geométrica, los ejemplares deben colocarse rectos, con aletas extendidas y boca cerrada, evitando deformaciones que afecten los resultados.
- Es aconsejable aumentar el número de individuos analizados por población, especialmente en lagunas con mayor abundancia de *Orestias* como Qoricocha, Piuray y Languilayo.

- Se recomienda explorar la relación entre la forma y la dieta, ya que, si bien los factores ambientales explican parte de la variabilidad morfológica, es probable que la alimentación influya particularmente en la forma de la boca.
- Debe prestarse mayor atención a la laguna de Urcos, donde los registros históricos sugieren la presencia de *Orestias*. Asimismo, se recomienda ampliar las investigaciones a otras lagunas de la región y a los ríos del Cusco, hábitats que hasta ahora no han sido estudiados.
- Finalmente, es importante desarrollar estudios comparativos entre dos o más lagunas donde ya se ha confirmado la presencia de estas poblaciones, lo que permitirá contar con más tiempo y detalle en el análisis de cada una.
- En toda campaña de campo resulta indispensable llevar un botiquín y equipos de protección personal, considerando los riesgos existentes tanto en tierra como en el agua.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, D. C., & Rohlf, F. J. (2004). Geometric Morphometrics: Ten Years Of Progress Following The “Revolution.” *Italian Journal Of Zoology*, 71, 5–16.
- Aguirre, W. E., & Jiménez Prado, P. (2018a). *Guía Práctica De Morfometría Geométrica : Aplicaciones En La Ictiología*. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Sede Esmeraldas (Pucese).
- Ana. (2016). *Protocolo Nacional De Monitoreo De La Calidad De Los Recursos Hidricos Superficiales* (Ministerio De Agricultura Y Riego, Ed.).
- Araya, V. (2024). *Desentrañando La Historia Evolutiva De La Especie Orestias Agassii: Un Estudio Filogeográfico Considerando Su Rango De Distribución Actual*. Universidad De Chile.
- Bagenal, B., & Tesch, F. (1978). *Methods For Assessment Of Fish Production In Freshwaters*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Bookstein, F. L. (1991). “Morphometric Tools For Landmark Data: Geometry And Biology.” Cambridge University Press.
- Bookstein, F. L. (1997). *Morphometric Tools For Landmark Data: Geometry And Biology*. Cambridge University Press.
- Costa, M. R. Da, & Araújo, F. G. (2003). Length-Weight Relationship And Condition Factor Of Micropogonias Furnieri (Desmarest) (Perciformes, Sciaenidae) In The Sepetiba Bay, Rio De Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira De Zoologia*, 20(4), 685–690.
<https://doi.org/10.1590/S0101-81752003000400022>

Cruz-Jofré, F., Morales, P., Esquer-Garrigos, Y., Vila, I., Hugueny, B., Gaubert, P., & Méndez, M.

A. (2014). *Taxonomic Identity Of The Forms Of Orestias Agassii (Teleostei: Cyprinodontidae) From Chile: A Morphological Comparison With The Syntypes Of The Species Of Peru And Bolivia Identidad Taxonómica De Las Formas De Orestias Agassii (Teleostei: Cyprinodontidae) De Chile: Una Comparación Morfológica Con Los Sintipos De La Especie De Perú Y Bolivia.*

De La Barra, E., Maldonado, M., Vila, I., Ibáñez, C., Jégu, M., Carvajal-Vallejos, F. M., & Review, R. /. (2020). Resumen Del Conocimiento Sobre La Biología Y Taxonomía Del Género *Orestias Valenciennes 1839 (Actinopterygii, Cyprinodontiformes)*. In *Neotropical Hydrobiology And Aquatic Conservation* (Vol. 1, Issue 2).

Eigenmann, C. H., & Allen, W. R. (1942). *Fishes Of Western South America. I. The Intercordilleran And Amazonian Lowlands Of Peru. Ii. The High Pampas Of Peru, Bolivia, And Northern Chile. In Fishes Of Western South America. I. The Intercordilleran And Amazonian Lowlands Of Peru. Ii. The High Pampas Of Peru, Bolivia, And Northern Chile.* The University Of Kentucky.

Fisher, R. A. (1936). The Use Of Multiple Measurements In Taxonomic Problems. *Annals Of Eugenics*, 7(2), 179–188. <https://doi.org/10.1111/J.1469-1809.1936.tb02137.x>

Fowler, H. W. (1945). *Los Peces Del Peru: Catálogo Sistemático De Los Peces Que Habitan En Aguas Peruanas* (Museo De Historia Natural Javier Prado, Ed.; Vol. 1).

Fricke, R., & Shmeyer, W. N., & Van Der Lan, R. (2023, March 20). *Eschmeyer's Catalog Of Fishes: Genera, Species, References.*

- Froese, R. (2006). Cube Law, Condition Factor And Weight-Length Relationships: History, Meta-Analysis And Recommendations. *Journal Of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0426.2006.00805.X>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use Of Ranks In One-Criterion Variance Analysis. *Journal Of The American Statistical Association*, 47(260), 583–621. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
- Loayza, E., Alvastegui, D., Herbas, K., Ibañez, C., Zepita, C., & Miranda, G. (2021). Variaciones Ecomorfológicas De Orestias Sp. (Gr Agassizii, Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae) De La Vertiente Oriental De Los Andes . *Ecología En Bolivia*, 56, 36–41.
- Luisa, B., & Arévalo, C. (2005). *Las Zonas Altoandinas Peruanas Y Su Ictiofauna Endémica*. <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art82/int82.htm>
- Lukhtanov, V. A., Dantchenko, A. V., Vishnevskaya, M. S., & Saifitdinova, A. F. (2015). Detecting Cryptic Species In Sympatry And Allopatry: Analysis Of Hidden Diversity In *Polyommatus* (*Agrodiaetus*) Butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae). *Biological Journal Of The Linnean Society*, 116(2), 468–485. <https://doi.org/10.1111/Bij.12596>
- Minam, Viceministerio De Desarrollo Estratégico De Los Recursos Naturales, Dirección General De Diversidad Biológica, & Dirección De Conservación Sostenible De Ecosistemas Y Especies. (2019). *Sexto Informe Nacional Sobre Diversidad Biológica La Biodiversidad En Cifras*.
- Ortega, H., Hidalgo, M., Trevejo, G., Correa, E., Cortijo, A. M., Meza, V., & Espino, J. (2012). *Lista Anotada De Los Peces De Aguas Continentales Del Perú Estado Actual Del*

Conocimiento, Distribución, Usos Y Aspectos De Conservación (Vol. 2).

Www.Minam.Gob.Pe

Parenti, L. R. (1984). A Taxonomic Revision Of The Andean Killifish Genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). *Bulletin Of The American Museum Of Natural History*, 178, 1–112.

Pimentel, R. A. (1979). Morphometrics. The Multivariate Analysis Of Biological Data. *Hunt Publishing Company*.

Reis, R. E., Kullander, S. O., & Ferraris, C. J. (2003). *Check List Of The Freshwater Fishes Of South And Central America* (1st Ed., Vol. 1).

Republica Del Perú. (2008). *Documento País 2008 Vulnerabilidades, Capacidades Y Gestión De Riesgo En La República Del Perú*.

Rojas, P., Scott, S., Tobar, I., Romero, Ú., & Vila, I. (2020). Head Morphometry Of *Orestias* (Cyprinodontiformes). Response To Extreme Southern Altiplano Systems? *Environmental Biology Of Fishes*, 103(8), 953–964. <https://doi.org/10.1007/S10641-020-00997-2>

Scott, S., Rojas, P., & Vila, I. (2020). Meristic And Morphological Differentiation Of *Orestias* Species (Teleostei; Cyprinodontiformes) From The Southern Altiplano. *Environmental Biology Of Fishes*, 103(8), 939–951. <https://doi.org/10.1007/S10641-020-00995-4>

Sostoa, A., Doadrio, I., Ornelas, C. P., Caiola, N., Pedraza, C., Flores, O., Monroy, M., & Maceda, A. (2010). *Estudio Genético De Las Especies Ícticas Nativas Del Lago Titicaca. Caracterización Y Estructura Poblacional Informe Final Despacho Viceministerial De Pesquería Ministerio De La Producción Perú*.

- Tchernavin, Dr. V. V. (1944). A Revision Of The Subfamily Orestiinae. *Proceedings Of The Zoological Society Of London*, 114(1–2), 140–233. <https://doi.org/10.1111/J.1096-3642.1944.Tb00218.X>
- Ter Braak, C. J. F. (1986). Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique For Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology*, 67(5), 1167–1179. <https://doi.org/10.2307/1938672>
- Toro Ibacache, M. V., Manriquez Soto, G., & Suazo Galdames, I. (2010). Morfometría Geométrica Y El Estudio De Las Formas Biológicas: De La Morfología Descriptiva A La Morfología Cuantitativa. *International Journal Of Morphology*, 28(4), 977–990. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022010000400001>
- Universidad Nacional Mayor De San Marcos - Museo De Historia Natural -Departamentos De Limnología E Ictiología, & Minam. (2014). *Métodos De Colecta, Identificación Y Análisis De Comunidades Biológicas: Plancton, Perifiton, Bentos (Macroinvertebrados) Y Necton (Peces) En Aguas Continentales Del Perú* (1st Ed., Vol. 1).
- Villwock, W. (1983). El Género Orestias Y Su Evolución En El Altiplano Del Perú Y Bolivia . *Informe Final Ix Claz Peru*, 7.

ANEXOS

ANEXO 1

GALERÍA FOTOGRÁFICA DE TRABAJO DE CAMPO LAGUNA DE HUAYPO



Muestreo con red de agalladera



Instalacion de red agalladera



Recojo de la red después de 24 horas



Espécimen colectado Orestias spp

HUMEDAL LUCRE – HUACARPAY



Instalación de red agalladera



Instalación de redes nasas

Segundo muestreo



Segundo muestreo sector Huacarpay

Tercer muestreo sector Huascar



Muestreo con red Calcal – sector Huascar

LAGUNA DE URCOS



Muestreos acompañados de equipo de rescate de la municipalidad de Urcos



Muestreo en bote con red agalladera

LAGUNA DE PIURAY



Instalación de red agalladera



Instalación de red agalladera



Revision nocturna de las redes y cambio de lugar



Fotografiado y fijacion

LAGUNA SIBINACOA



Instalación de red agalladera



Instalación de red agalladera



Salida complementaria para el segundo muestreo



Segunda salida - Muestreo complementario con red Calcal

LAGUNA QORICOCHA



Instalacion de red agalladera y muestreo con Calcal



Muestreo con red de arrastre



Colecta de especimenes



Movilidad contratada



Termino del muestreo

LAGUNA LANGUILAYO



Vista general de la laguna



Primer muestreo utilizando red agalladera



Recojo de las muestras de la agalladera



Fotografiado y fijacion – individuo de Orestias sp

LAGUN PAMPAMARCA



Toma de parámetros fisicoquímicos y colocación de red agalladera



Recojo de muestras y retirada a Cusco

LAGUNA POMACANCHI



Instalación del campamento



Fotografiado de muestras luego del recojo con de la red agalladera



Espécimen de Orestias spp

LAGUNA ASNACOCHA



Llegada a la laguna Asnacocha



Instalacion de redes y bote

Muestreo y colocación de red agalladera



RESOLUCIÓN DIRECTORAL
N° 00676-2022-PRODUCE/DGPCHDI

18/11/2022

VISTOS: El escrito con registro N° 00031720-2022 de fecha 18 de mayo de 2022, presentado por el señor **JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA**; así como los demás documentos relacionados con dicho registro; y,

CONSIDERANDO:

1. Mediante el escrito con registro N° 00031720-2022 de vistos, el señor **JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA** (En adelante el administrado), solicitó Autorización para efectuar investigación pesquera especializada sin uso de embarcación. para ejecutar el plan de investigación denominado: **“ANALISIS DEL GENERO ORESTIAS(CARACHIS) EN LAGUNAS ALTOANDINAS DEL DEPARTAMENTO DE CUSCO”**, presentado en el marco del Decreto Supremo N° 023-2021-PRODUCE;

2. Al respecto, el referido Decreto Supremo N° 023-2021-PRODUCE, publicado con fecha 8 de noviembre de 2021, aprobó el Texto Único de Procedimientos Administrativos del Ministerio de la Producción, estableciendo en su procedimiento para efectuar investigación pesquera especializada los siguientes requisitos: i) Solicitud con carácter de declaración jurada conforme a lo previsto en el artículo 124 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2019-JUS; ii) Plan de investigación debidamente suscrito por el responsable del proyecto; y, iii) copia simple del certificado de matrícula o de registro, con traducción simple al español en caso corresponda, o del permiso de navegación conferido por la autoridad marítima;

3. En cuanto al requisito i), referido a la solicitud de autorización conforme a lo previsto en el artículo 124 del TUO de la Ley N° 27444, según Formulario DECHDI-021; cabe señalar que el señor Jack Malon Rodriguez Pumaccajia ha presentado el formulario antes descrito el cual tiene carácter de declaración jurada, debidamente lleno y suscrito, por el cual ha solicitado la autorización para la ejecución del plan de trabajo citado en el considerando 1 de la presente resolución. Por consiguiente, se ha dado cumplimiento al requisito antes descrito;

4. Con relación al requisito ii), sobre el plan de investigación debidamente suscrito por el responsable del proyecto; debe indicarse que obra en el expediente el plan de investigación reformulado denominado: **“ANALISIS DEL GENERO ORESTIAS(CARACHIS) EN LAGUNAS ALTOANDINAS DEL DEPARTAMENTO DE CUSCO”**, presentado mediante escrito con registro N° 00031720-2022-3; a ejecutarse por el periodo de diez (10) meses;

Esta es una copia autenticada imprimible de un documento electrónico archivado por el MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 del D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas en la siguiente dirección web: "<https://edocumentostramite.produce.gob.pe/verificar/>" e ingresar clave: N59Y6HCZ



encontrándose suscrito por el señor JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA citado en el considerando precedente, en su calidad de responsable del plan de investigación. En ese contexto, se tiene por cumplido el presente requisito;

5. Respecto al requisito **iii)**, de presentar copia del Certificado de matrícula; considerando que la administrada solicitó autorización para efectuar investigación pesquera especializada sin uso de embarcación, este requisito no resulta exigible;

6. De la revisión del expediente se advierte que el citado proyecto de investigación tiene como **objetivo general**: *“Analizar el género Orestias en laguna altoandinas del departamento del Cusco”* y como **objetivos específicos**: **(i)** *“Identificar la composición taxonómica y diversidad del género Orestias en las lagunas altoandinas del departamento del Cusco”*; **(ii)** *“Identificar la distribución biogeográfica de especies icticas del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco”*; **(iii)** *“Determinar las características morfológicas y ecológicas del género Orestias en lagunas altoandinas del departamento del Cusco”*; y, **(iv)** *“Analizar con morfometría geométrica las diferencias morfométricas de las poblaciones de Orestias distribuidas en lagunas altoandinas del departamento de Cusco”*. Asimismo, justifica su planteamiento señalando que *“El conocimiento sobre la distribución, taxonomía y ecología sobre las especies icticas andinas en el Perú son muy escasos y más aún estudios sobre peces del género Orestias (carachis) en el departamento del Cusco, desconociéndose con certeza el estado taxonómico, ecología y distribución geográfica en las lagunas altoandinas de la región del Cusco, esto dificulta conocer con certeza el estado de sus poblaciones”*;

7. De otro lado, cabe señalar que los literales a) y e) del artículo 4 de la Ley del Instituto del Mar del Perú, aprobado por Decreto Legislativo N° 95, modificado por Decreto de Urgencia N° 015-2020, establecen que corresponde al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) aprobar, ejecutar y evaluar planes, programas y proyectos de investigación científica y tecnológica, vinculados a su finalidad; y, proporcionar al Ministerio de la Producción las bases científicas para la administración racional de los recursos marinos y continentales;

8. Al respecto, mediante Oficios N° 00001359-2022 y N° 00002133-2022, se solicitó opinión técnica al IMARPE respecto al plan de investigación referido en el considerando 1 de la presente resolución y, se remitió a la aludida entidad los documentos de levantamiento de observaciones alcanzados por la administrada, respectivamente. Dicha entidad mediante Oficio N° 000618-2022-IMARPE/DEC, remitió su opinión técnica en la que concluyó: *“El proponente remite información adecuada, que conlleva subsanar las observaciones formuladas al proyecto de investigación”*. En ese sentido, se colige que el plan de investigación no cuenta con observaciones pendientes de subsanación;

9. Por lo antes expuesto, y en atención a la opinión favorable efectuadas por el IMARPE a través del Oficio N° 000618-2022-IMARPE/DEC, se colige que el administrado ha cumplido con los requisitos establecidos en las normas sustantivas del ordenamiento pesquero vigente, por lo que resulta procedente otorgar a su favor la autorización para efectuar investigación pesquera especializada sin uso de embarcación, para ejecutar el plan de investigación denominado: **“ANÁLISIS DEL GENERO ORESTIAS(CARACHIS) EN LAGUNAS ALTOANDINAS DEL DEPARTAMENTO DE CUSCO”**, presentado mediante el escrito con registro N° 00031720-2022 de vistos, reformulado a través del escrito adjunto con registro N° 00031720-2022-3;

10. Estando a lo informado por la Dirección de Extracción para Consumo Humano Directo e Indirecto a través del Informe Técnico N° 00000237-2022-PRODUCE/DECHDI-Ilaguna; de conformidad con las normas citadas precedentemente; y, en uso de las facultades

Esta es una copia autenticada imprimible de un documento electrónico archivado por el MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 del D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas en la siguiente dirección web: "<https://edocumentostramite.produce.gob.pe/verificar/>" e ingresar clave: N59Y6HCZ



conferidas por el literal s) del artículo 70 del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de la Producción, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2017-PRODUCE, modificado por Decreto Supremo N° 009-2017-PRODUCE;

SE RESUELVE

Artículo 1.- Otorgar a favor del señor JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA, la Autorización para efectuar investigación pesquera especializada sin uso de embarcación, conforme a los términos contenidos en el plan de investigación denominado: “**ANÁLISIS DEL GENERO ORESTIAS(CARACHIS) EN LAGUNAS ALTOANDINAS DEL DEPARTAMENTO DE CUSCO**”, presentado mediante escrito con registro N° 00031720-2022, reformulado a través del escrito adjunto con registro N° 00031720-2022-3, por el periodo de diez (10) meses contados a partir del día siguiente de la notificación de la presente Resolución Directoral. El referido plan comprende las siguientes circunscripciones territoriales:

N°	ESTACIONES DE MUESTREO HIDROBIOLÓGICO		ZONA UTM	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
	ESTE	NORTE		DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
1	225145.51	8450581.34	19	Acopia	Acomayo	Cusco
2	232532.44	8439097.69		Mosoc Llacta		
3	232476.17	8435899.09		Tupac Amaru		
4	260492.53	8397667.36		Langui/Layo	Canas	
5	281685.68	8466195.59		Checacupe/Pitumarca	Canchis	
6	180776.53	8513003.07		San Sebastian	Cusco	
7	205448.61	8492712.06		Lucre	Quispicanchi	
8	215428.39	8485223.67		Urcos		
9	821304.00	8514819.51	18	Chinchero	Urubamba	
10	811222.00	8516443.99		Maras/Chinchero/Anta		

Artículo 2.- La extracción de los recursos se deberá realizar dentro del plazo señalado en el artículo 1 de la presente resolución, y mediante el empleo de los equipos y metodología indicados en el plan de investigación.

Artículo 3.- El señor **JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA** es responsable de aplicar las medidas de seguridad y eliminación de impactos que se puedan producir por las actividades propias de la investigación.

Artículo 4.- El señor **JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA**, dentro de los sesenta (60) días calendarios posteriores a la culminación del plazo concedido en la autorización correspondiente, se encuentra obligada a presentar la información completa relativa a los resultados de la investigación realizada.

Artículo 5.- En la ejecución del plan de trabajo, el señor **JACK MALON RODRIGUEZ PUMACCAJIA**, deberá observar estrictamente lo dispuesto en el artículo 27 de la Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica, el cual establece que los derechos otorgados sobre recursos biológicos no otorgan derechos sobre los recursos genéticos.

Artículo 6.- La presente autorización no constituye el otorgamiento de otro derecho a favor del titular del plan de trabajo.

Artículo 7.- Remitir copia de la presente resolución, a la Dirección General de Supervisión, Fiscalización y Sanción del Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura del

Esta es una copia autenticada imprimible de un documento electrónico archivado por el MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 del D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas en la siguiente dirección web: "https://edocumentostramite.produce.gob.pe/verificar/" e ingresar clave: N59Y6HCZ



Ministerio de la Producción y al Instituto del Mar del Perú (IMARPE); así como disponer su publicación en el Portal Institucional del Ministerio de la Producción (www.gob.pe/produce).

Se registra y se comunica.

PEDRO LUIS ENCINAS PRÍNCIPE
Director General (s)
Dirección General de Pesca para
Consumo Humano Directo e Indirecto

Esta es una copia autenticada imprimible de un documento electrónico archivado por el MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 del D.S. 070-2013- PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas en la siguiente dirección web: "<https://edocumentostramite.produce.gob.pe/verificar/>" e ingresar clave: N59Y6HCZ

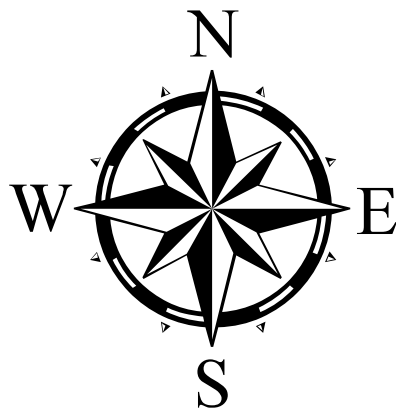


CODIGO	LT (mm)	LS	AC	ALC	LP	AP	ANP	LAP	ALPEC	BAPEC	LAC	AMC	LAD	BAD	LAA	BAA	LPD	LPA	LPP	LCB	ACB	ALC-P	ANCB	LH	POJ	DOJ	DIOR	LPOR	AB	PESO(g)	SEXO	LOCALIDAD
ORECUS001	126,45	109,19	22,79	26,61	28	15,4	5,33	18,23	14,38	8,22	26,27	21,37	28,59	19,66	23,1	16,37	65,33	74	32,07	26,14	18,81	23,82	19,78	7,99	11,26	5,91	9,66	13,87	8,67	32,6		POMACANCHI
ORECUS002	108,64	94,42	18,33	17,32	19,46	12,9	4,14	12,28	7,7	5,63	16,56	13,14	18,35	12,2	17,11	11,65	59,25	61,12	24,71	23,98	14,48	19,27	16,95	7,9	9,23	5,53	7,22	10,31	7,43	17,68		POMACANCHI
ORECUS003	111,32	96,45	13,07	17,4	26,64	14,52	3,2	14,91	7,46	6,41	17,9	18,79	21,03	15,38	19,16	12,88	54,55	58,86	24,37	21,77	15,63	23,48	18,04	5,19	10,64	5,21	7,64	10,48	6,08	22,26		POMACANCHI
ORECUS004	119,01	104,09	13,72	21,48	23,61	12,99	3,21	15,05	11,15	6,03	19,57	17,2	25,18	18,35	21,02	13,98	63,01	67,84	29,85	26,9	19,24	23,47	17,96	5,63	10,99	5,86	8,57	13,36	8,85	26,8		POMACANCHI
ORECUS005	101,93	90,06	13,21	19,74	24,15	12,16	4	11,6	9,74	6,37	17,07	17,81	21,1	13,92	16,77	12,52	52,72	60,94	25,81	21,6	14,27	18,77	14,69	6,26	9,41	5,11	6,8	10,4	7,66	18,58		POMACANCHI
ORECUS006	105,16	92,58	12,87	16,94	21,4	13,79	3,2	14,62	10,69	5,74	18,29	16,54	22,42	14,36	20,94	13,42	55,96	60,87	26,45	23,38	14,29	19,76	15,94	7,39	9,65	5,38	7,33	11,76	8,36	17,84		POMACANCHI
ORECUS007	104,13	86,42	13,35	21,14	19,84	14,28	5,11	14,21	10,64	6,92	18,47	24,46	21,31	13,14	19,89	11,35	51,23	61,27	25,59	21,36	15,45	20,19	16,66	6,99	10,95	5,11	6,2	11,34	6,21	19,64		PIURAY
ORECUS008	116,32	93,28	14,32	16,49	17,49	14,91	4,42	15,23	12,05	7,08	22,2	21,15	22,51	15,12	19,9	11,95	59,24	62,57	27,32	23,94	16,96	22,88	18,23	7,06	10,11	5,29	6,27	11,43	6,9	24,36	H	PIURAY
ORECUS009	119,13	99,33	14,76	24,48	20	14,14	4,48	19,04	13,36	7,7	28,61	17,48	25,34	15,41	22,37	11,46	61,25	68,54	31,21	27,2	18,78	24,78	19,79	8,48	11,09	6,04	8,27	12,16	7,45	27,58		PIURAY
ORECUS010	108,14	88,68	15,9	19,68	19,12	14,76	4,17	16,05	10,67	7,13	22,48	17,72	19,04	13,33	17,8	10,85	56,03	59,97	27,46	24,14	17,43	21,96	18,45	7,49	10,55	5,67	6,27	11,34	6,82	22,04	H	PIURAY
ORECUS011	115,62	95,55	16,51	20,61	17,89	14,1	4,65	15,33	11,75	7,81	19,6	20,4	22,55	15,63	19,8	13,23	59,66	65,16	24,8	24,66	18,29	23,1	20,28	7,14	11,53	5,39	7,31	11,53	7,55	28,1	H	PIURAY
ORECUS012	117,16	97,42	13,27	20,24	19,33	13,19	4,24	16,46	10,61	8,11	21,36	17,24	25,13	16,59	20,05	11,81	59,98	67,83	28,93	25,93	19,26	24,01	19,53	7,76	12,21	5,87	7,97	11,9	7,25	25,16	H	PIURAY
ORECUS013	113,32	93,78	14,25	22,67	20,53	14,34	4,7	17,35	11,11	7,48	20,67	19,91	23,25	14,05	19,72	11,2	56,03	65,36	30,2	25,63	18,74	23,08	20,25	7	10,95	5,71	7,87	12,38	6,77	23,88		PIURAY
ORECUS014	124,91	100,48	16,65	23,97	22,12	14,99	6,28	19,39	12,35	8,4	22,25	23,47	23,54	14,9	21,46	12,29	66,3	71,93	28,95	26,36	18,94	25,24	21,27	7,32	10,78	5,58	6,6	11,8	7,68	33,02	H	PIURAY
ORECUS015	118,81	98,12	13,82	22,4	19,35	15,16	5,1	18,44	10,47	7,28	21,12	19,3	24,54	16,18	21,69	12,3	59,82	64,71	28,57	25,28	19,09	23	21,19	7,58	11,6	5,14	7,66	12,89	7,26	27,8	H	PIURAY
ORECUS016	108,05	87,19	13,53	20,41	17,6	14,69	4,57	17,22	10	7,05	20,6	17,34	20,57	14,93	19,97	11,43	56,37	59,09	26,93	24,16	17,76	23,04	19,11	6,8	10,48	5,16	7,44	11,49	6,7	21		PIURAY
ORECUS017	119,59	98,4	16,14	22,86	20,69	14,05	4,52	17,11	11,36	7,12	22,61	18,78	24,38	15,32	22,66	12,9	59,3	63,33	28,15	25,17	18,11	24,35	20,11	6,81	11,4	6,04	6,9	12,3	7	27,28		PIURAY
ORECUS018	116,61	96,62	14,89	21,92	19,14	14,4	4,7	15,17	9,53	6,16	19,43	18,02	21,83	15,22	20,51	13,27	60,89	62,04	28,4	24,56	17,91	22,74	20,3	6,84	11,32	5,12	7,07	11,53	6,39	24,46		PIURAY
ORECUS019	115,33	94,27	15,26	21,12	21,36	15,55	4,75	17,75	13,09	8,16	20,65	19,47	22,73	14,29	20,91	12,05	57,39	59,71	27,91	24,47	19,83	23,44	19,96	8,36	11,52	6,3	7,44	12,04	7,08	25		PIURAY
ORECUS020	115,92	96,32	15,51	20,99	18,21	14,06	4,82	17,67	12,4	7,33	21,14	16,84	24,36	15,48	20,01	12,72	58,21	62,82	28,35	24,29	18,62	21,71	18,41	7,7	11,97	6,22	6,81	10,88	6,05	24,54	H	PIURAY
ORECUS021	113,55	93,63	13,65	20,46	18,37	14,14	4,5	15,73	14,08	7,54	20,23	19,95	20,77	14,56	19,23	10,46	58,19	60,96	26,92	24,4	17,27	20,91	20,22	6,97	12,05	6,28	7,94	11,77	6,95	24,22		PIURAY
ORECUS022	106,58	88,66	14,37	21,28	19,84	13,77	4,58	14,63	11,52	7,74	19,63	18,16	20,11	12,74	18,32	10,11	55,54	61,75	28,5	25,1	17,7	22,4	19,24	6,99	9,42	6,27	8,48	12	8,19	23,7	H	PIURAY
ORECUS023	113,82	94,59	14,58	23,37	17,1	14,49	5,23	13,34	13,12	7,4	20,56	18,62	20,41	13,74	18,32	11,33	58,96	61,74	28,86	24,74	18,1	23,17	19,63	7,08	11,93	6,24	7,91	12,33	6,58	24,76		PIURAY
ORECUS024	121,43	100,63	16,29	21,62	23,24	13,92	5,43	16,61	10,09	7,14	19,64	16,94	22,16	12,56	20,06	12,84	60,83	68,39	30,72	26,87	19,39	24,17	19,63	8,41	10,97	6,51	6,83	12,55	6,9	26,3	H	PIURAY
ORECUS025	112,11	91,94	13,39	19,97	18,27	13,58	4,48	14,78	12,33	7,49	19,07	17,8	20,92	14,22	21,33	11,17	55,91	64,31	27,58	23,6	18,08	20,46	19,7	7,04	13,87	5,83	7,44	11,95	6,66	21,82		PIURAY
ORECUS026	145,38	122,47	15,26	26,92	24,73	18,23	5,25	18,26	10,6	8,51	26,51	18,94	29,06	21,36	26,53	17,06	74,07	78,8	33,19	31,52	23,74	27,35	24,6	9,26	16,53	6,1	10,13	15,71	10,01	44,92		LANGUI-LAYO
ORECUS027	130,39	105,85	12,04	24,12	25,29	15,64	3,85	19,22	12,48	7,46	23,55	19	31,25	30,35	29,81	18,79	60,33	64,6	27,99	24,91	17,79	23,42	21,13	7,59	11,71	5,71	8,88	13,06	8,53	26,72		LANGUI-LAYO
ORECUS028	97,23	80,29	9,38	17,51	16,87	12,01	3,35	13,45	10,78	6,72	15,65	14,27	22,67	15,17	21	14,52	46,45	51,61	23,51	19,76	14,98	18,03	14,26	6,38	9,59	5,12	6,99	9,59	6,9	11,68		LANGUI-LAYO
ORECUS029	101,08	83,35	8,48	15,51	19,06	9,75	3,06	12,47	8,68	6,33	19,78	13,12	19,76	12,78	16,8	10,33	51,05	55,65	23,62	21,93	13,05	14,68	13,72	6,18	9,08	4,35	5,95	10,76	6,61	10,12		LANGUI-LAYO
ORECUS030	108,74	91,78	9,35	16,54	19,24	12,49	4,84	17,15	10,8	6,81	18,89	12,27	21,43	13,89	18,73	11,15	57,88	63,68	27,57	23,59	15,49	17,75	14,44	7,51	12,98	5,36	7,16	11,07	7,11	14,1		LANGUI-LAYO
ORECUS031	106,3	87,09	12,12	20,15	20,72	13,05	3,72	13,78	9,31	6,51	17	13,1	18,63	13,06	15,51	9	50,58	56,51	24,85	22,93	15	18,18	14,59	7,29	10,84	5,33	9,87	18,26	9,91	14,38		LANGUI-LAYO
ORECUS032	113,02	95,04	11,21	19,3	19,48	14,61	3,01	15,4	13,01	8,52	20,87	17,62	26,87	15,51	23,81	13,03	54,32	59,42	25,7	21,91	15,74	19,98	16,12	6,94	11,67	5,73	7,51	10,02	7,09	17,72		LANGUI-LAYO
ORECUS033	105,04	82,04	11,42	18,85	19,04	11,98	3,96	15,26	9,75	6,27	23,46	17,05	20,81	14,29	17,5	10	48,58	56,97	22,1	19,5	14,25	17,49	13,57	4,96	9,98	5,08	6,12	8,63	7,5	12,38		LANGUI-LAYO
ORECUS034	107,02	87,03	9,41	19,45	19,79	14,5	4,03	15,59	9,49	6,87	19,53	19,07	24,48	15,64	23,42	12,25	53,74	53,5	26,43	22,48	15,17	17,83	15,57	6,07	12,61	5,38	7,11	9,5	7,66	15,46		LANGUI-LAYO
ORECUS035	100,01	82,42	8,33	14,18	16,92	10,09	2,45	12,08	8,59	5,57	16,39	15,48	18,58	13,36	14,12	8,87	49,86	54,3	23,62	20,03	13,96	16,05	14,28	6,13	9,09	4,55	4,35	8,92	6,11	11,84		LANGUI-LAYO
ORECUS036	97,1	80,01	9,68	16,91	17,83	11,87	3,44	12,9	9,81	5,66	17,5	13,63	18,61	13,55	16,91	12,75	49,31	53,55	23,58	20,01	14,19	16,7	14,27	6,25	9,91	5,34	6,61	9,99	6,79	11,9		LANGUI-LAYO
ORECUS037	98,44	80,18	8,58	17,55	16,46	11,6	3,77	13,99	9,8	6,56	20,01	15,76	23,41	13,83	21,74	13,56	46,58	51,3	23,99	20,34	14,91	17	14,95	5,93	9,27	5,67	6,53	8,48	6,86	11,52		LANGUI-LAYO
ORECUS038	106,74	88,9	6,9	17,33	19,7	13,06	3,22	14,45	9,93	6,91	20	15,24	25,12	15,58	23,5	13,13	50,31	54,2	24,73	22,11	14,25	17,97	15,47	7,45	10,74	5,36	7,09	10,02	6,3	13,32		LANGUI-LAYO
ORECUS039	92,86	76,52	9,55	17,1	16,91	12,73	3,77	13,81	10,51	6,03</																						

ORECUS065	76,29	63,04	5,39	12,7	12,6	7,71	2,97	10,59	6,46	4,58	14,88	11,87	18,64	11,41	15,58	9,29	36,8	40,59	18,57	16,32	11,2	12,73	10,01	5,2	6,74	4,56	4,58	6,79	5,22	4,2		QORICOCHA
ORECUS066	67,36	54,63	5,9	11,5	12,18	6,76	2,89	11,16	6,96	4,42	13,43	9,89	14,97	9,34	14,45	7,47	33,8	33,47	17,27	15,13	9,22	11,62	9,03	4,74	6,71	4,17	4,31	5,88	4,16	3,16		QORICOCHA
ORECUS067	72,63	58,7	6,76	14,8	11,54	8,1	3,25	11,46	8,53	5,14	14,95	13,52	13,59	6,37	15,06	8,82	40,44	37,2	19,65	16,32	11,22	14,64	10,41	4,28	8,17	4,72	4,83	7,21	4,61	4,32		QORICOCHA
ORECUS068	71,59	57,41	7,6	13,5	12,24	7,74	2,45	10,95	8,15	4,94	13,57	11,36	13,09	8,28	11,23	5,99	37,09	39,46	19,33	17,42	10,68	13,05	11,08	4,36	8,48	4,34	4,74	7,36	5,23	3,98		QORICOCHA
ORECUS069	58,4	47,36	6,08	12,15	10,92	7,2	2,68	9,54	7,58	4,08	13,91	10,23	13,01	8,99	12,81	7,79	28,52	29,53	16,82	13,8	8,58	11,7	8,57	3,7	6,43	4,27	3,5	6,03	4,06	2,4		QORICOCHA
ORECUS070	67,64	54,98	7,4	13,53	12,58	7,76	2,56	10,08	5,34	4,78	14,38	12,6	12,93	8,54	11,94	6,64	34,65	36,16	17,6	15,4	9,57	12,07	9,93	4,27	6,73	4,72	4,6	6,8	5,6	3,6		QORICOCHA
ORECUS071	64,87	52,99	6,16	12,21	13,07	8,07	2,62	8,95	6,34	3,75	15,08	12,21	12,48	8,06	10,96	6,69	33,64	34,85	17,77	15,24	9,44	11,73	8,66	4,21	7,29	4,44	4,27	6,51	4,4	3,08		QORICOCHA
ORECUS072	62,12	52,49	5,7	11,65	11,8	7,03	2,47	9,74	5,12	3,98	14,06	11,35	12,69	8,5	11,43	6,76	33,19	33,92	17,15	15,03	8,92	11,31	8,49	3,58	6,44	4,26	4,48	6,31	4,13	2,74		QORICOCHA
ORECUS073	60,94	48,93	5,38	11,62	10,67	7,18	2,27	9,86	4,75	3,75	13,72	10,65	10,96	7,87	10,3	6,6	30,76	31,19	15,97	14,11	8,09	11,32	8,01	4,18	6,5	3,98	3,56	6,11	3,95	2,2		QORICOCHA
ORECUS074	65,95	52,09	5,52	12,68	12,13	6,65	2,3	10,85	6,81	4,5	12,72	10,39	14,18	9,52	12,08	6,78	32,38	33,65	17,26	14,96	9,67	11,85	9,44	3,65	7,35	4,73	4,2	5,91	4,62	2,82		QORICOCHA
ORECUS075	65,1	51,72	5,31	12,16	11,3	7,39	2,38	9,26	5,23	4,19	14,54	10,5	16,75	9,75	15,42	8,4	32,03	32,23	16,47	14,32	9,82	12,08	9,73	4,74	6,64	3,87	4,22	6,83	4,42	2,9		QORICOCHA
ORECUS076	62,74	50,09	5,49	11,74	11,25	6,97	2,15	10,1	7,04	4,16	12,98	11	14,56	9,42	14,45	7,82	30,88	30,54	16,1	13,5	8,23	11,72	8,34	4,78	7,06	4,13	3,71	5,32	3,79	2,56		QORICOCHA
ORECUS077	62,88	51,11	5,17	12,01	10,18	6,65	2,28	9,81	6,86	4,45	13,57	10,95	15,64	9,82	14,36	8,4	30,35	30,99	16,53	14,43	9,31	11,8	8,61	4,33	6,55	4,43	4,39	6,08	4,65	2,6		QORICOCHA
ORECUS078	60,49	48,03	5,8	10,91	11,22	7,1	2,16	7,98	5,94	3,92	12,16	10,11	11,53	8,15	10,95	6,03	30,32	30	15,02	13,35	8,05	10,75	8,2	3,49	6,33	3,78	3,43	5,11	4,23	2,34		QORICOCHA
ORECUS079	64,33	52,17	5,53	11,36	12,41	7	2,66	7,24	5,35	3,64	11,76	9,1	12,46	8,43	10,45	6,36	32,66	33,46	16,52	13,72	9,04	10,42	8,72	3,59	6,75	4,52	4,21	5,89	4,27	2,66		QORICOCHA
ORECUS080	57	45,48	4,66	10,45	10,14	7,15	2,38	9,06	6,67	3,67	12,71	8,82	14,16	9,42	14,26	7,75	27,3	28,58	15,53	12,09	7,55	9,43	7,28	3,01	5,82	4,06	3,64	4,69	3,54	1,86		QORICOCHA
ORECUS081	56,51	45,56	4,08	11,17	10,71	7,19	2,23	9,86	5,22	3,8	11,64	11,79	12,66	8,54	11,85	7,67	26,75	27,03	14,12	12,95	8,5	11,04	7,24	3,51	5,33	3,54	3,9	5,35	3,94	1,84		QORICOCHA
ORECUS082	55,66	43,92	5,44	9,82	10,71	6,42	2,31	7,27	5,81	3,39	13,93	10,61	10,42	6,36	7,17	4,48	26,32	27,71	13,91	11,72	7,71	9,32	7,11	3,38	6,14	3,64	3,17	4,69	3,63	1,78		QORICOCHA
ORECUS083	60,8	48,09	6,97	11	10,31	6,14	2,11	8,79	6,4	3,89	12,95	10,65	12,49	7,72	10,76	5,96	31,11	32,06	15,83	13,5	9,04	10,72	8,94	4,53	6,51	3,86	3,99	5,61	4,69	2,6		QORICOCHA
ORECUS084	61,5	49,14	4,45	11,91	10,96	6,75	2,3	9,27	5,98	3,56	12,27	10,77	14,13	8,83	13,69	6,87	29,73	30,34	15,95	13,34	8,14	10,03	7,87	3,73	5,47	3,61	3,96	5,24	3,59	2,1		QORICOCHA
ORECUS085	59,46	47,44	4,45	10,46	9,99	6,44	2,9	9,11	6,08	3,99	12,95	10,02	13,89	9,69	12,62	7,08	28,06	29,19	15,91	13,15	8,55	10,36	7,86	3,92	6,06	4,03	3,92	4,62	4,03	2,16		QORICOCHA
ORECUS086	54,62	43,76	5,25	10,68	10,06	6,22	2,06	8,95	4,77	3,6	11,45	10,68	14,19	8,3	12,59	6,77	26,92	25,38	14,08	11,89	7,27	9,4	7,37	3,09	4,56	3,85	3,45	4,9	3,18	1,72		QORICOCHA
ORECUS087	53,91	42,6	4,14	10	9,78	5,56	2,25	9,15	5,01	3,66	11,89	8,73	13,17	7,59	12,77	6,29	24,55	25,2	13,68	11,45	7,88	9,51	7,24	3,17	5,23	3,89	3,25	4,68	3,59	1,5		QORICOCHA
ORECUS088	57,34	46,34	6,42	11,24	10,99	6,04	2,73	8,73	6,19	4,23	12,01	10,24	10,72	6,89	9,68	5,37	30,66	30,12	15,34	13,17	8,33	10,62	8,4	4,06	5,65	4,12	4,06	5,79	4,09	2,24		QORICOCHA
ORECUS089	51,89	41,91	4,33	9,24	8,32	5,61	2,17	7,75	2,99	3,46	10,83	6,9	9,55	6,95	8,58	4,83	27,25	26,46	14,39	11,92	7,92	8,62	6,74	3	5,36	3,89	3,42	4,86	3,77	1,32		QORICOCHA
ORECUS090	67,58	54,7	7,66	12,52	13,82	7,7	2,18	10,1	7,03	4,31	15,07	9,62	13,61	9,21	11,32	5,94	34,26	35,36	15,59	13,04	8,57	12,27	8,91	4,63	5,5	2,97	4,29	6,71	5,13	3,18		SIBINACocha
ORECUS091	67,77	56,13	7,59	12,52	12,42	8,23	2,8	8,61	7,03	3,73	13,56	11,52	13,2	8,74	11,3	6,51	33,94	37,15	16,24	13,05	10,05	11,59	8,43	4,33	6,44	3,77	4,25	5,61	5,03	3,68		SIBINACocha
ORECUS092	59,36	48,76	4,65	10,16	12,91	7,1	2,49	7,62	5,84	3,91	11,63	7,44	10,42	7,04	8,66	5,4	30,06	30,68	13,65	11,15	7,75	9,58	5,92	3,43	4,96	2,96	3,18	5,1	4,5	2,16		SIBINACocha
ORECUS093	48,14	38,42	3,96	8,46	9,32	5,24	1,64	6,2	3,24	2,96	10,72	8,28	7,87	6,06	8,43	5,83	25,16	23,19	11,78	9,13	6,92	7,93	5,22	2,9	4,34	2,61	2,89	3,45	3,74	1,2		SIBINACocha
ORECUS094	49,72	39,59	4,32	7,98	9,23	4,99	1,92	6,52	4,21	3,41	10,62	7,24	11,84	7,23	9,16	5,99	23,25	24,27	11,38	8,66	6,45	7,44	4,89	2,88	4,1	2,95	2,86	3,5	3,37	0,92		SIBINACocha
ORECUS095	50,16	40,1	4,64	7,8	9,46	5,5	2,18	6,9	3,78	2,89	9,65	7,7	8,76	6,89	8,1	5,67	23,58	24,64	11,24	9,18	6,44	7,41	5,3	2,87	4,38	2,79	2,7	4,14	3,58	1,1		SIBINACocha
ORECUS096	112,46	95,53	16,75	21,19	23,54	12,61	3,31	15,65	10,85	5,9	22,97	14,15	16,72	10,25	20,05	11,3	56,95	61,9	27,43	23,18	16,02	19,64	18,63	5,64	9,41	5,66	6,49	13,02	8,23	17,84		HUAYPO
ORECUS097	105,98	89,7	13,76	21,38	18,98	13,19	3	15,44	9,26	5,21	19,71	16,35	21,19	13,48	17,41	10,44	58,85	61,92	27,23	25,63	17,66	20,89	17,63	6,45	10,99	5,67	5,68	11,82	7,09	12,38		HUAYPO
ORECUS098	117,54	96,37	15,44	22,37	19,25	13,3	2,48	15,95	9,97	7,3	19,3	15,03	21,04	13,06	18,98	11,56	62,56	66,54	29,14	26,27	18,22	21,82	18,65	6,38	10,52	5,79	6,44	13,92	6,09	25,16		HUAYPO
ORECUS099	103,95	87,48	14,04	19,96	17,12	13,21	2,87	13,42	8,76	5,91	21,76	14,32	20,09	12,05	18,44	12,14	54,48	59,11	24,86	22,5	15,5	20,15	16,86	4,57	10,6	3,91	5,88	12,36	5,35	19,64		HUAYPO
ORECUS100	115,78	96,79	15,28	20,45	20,01	13,28	3,72	14,45	10,53	7,9	19,59	13,63	23,63	16,01	22,23	14,38	61,88	64,2	28,04	24,9	16,88	21,08	18,56	5,58	10,68	6,39	6,56	13,73	7,08	24,22		HUAYPO
ORECUS101	109,23	91,65	14,98	19,57	19,72	12,97	2,86	15,81	11,19	7,03	22,09	16,29	20,26	13,21	17,87	11,14	57,41	62,83	30,42	25,13	18,17	20,27	18,55	6,03	11,61	5,99	7,3	13,43	8,04	17,68		HUAYPO
ORECUS102	102,23	85,12	15,68	18,82	18,79	12,43	4,03	12,88	8,57	6,2	18,45	16,16	24,53	15,34	19,92	11,61	50,93	54,82	25,32	22,3	15,83	18,27	13,69	6,72	10,61	5,25	6,59	10,78	6,21	12,92		PAMPAMARCA
ORECUS103	91,64	75,13	15,84	17,69	18,72	11,78	3,85	10,51	8,14	5,95	18,41	15,37	17,24	12,65	17,04	11,47	48,78	48,62	23,31	20,75	13,61	17,01	14,06	6,38	8,76	4,73	5,95	9,66	6,42	10,5		PAMPAMARCA
ORECUS104	85,57	69,45	13,08	16,9	16,38	10,56	3,9	11,5	7,78	5,12	19,12	12,65	18,64	11,46	15,24	8,24	43,69	45,95	21,45	18,26	12,74	16,78	12,4	5,37	9,15	4,64	5,68	8,82	6,21	7,8		PAMPAMARCA
ORECUS105	81,43	66,14	13,16	14,																												

265444270444275444280444285444290444

MAPA DE PENDIENTES CUENCA DE LA LAGUNA SIBINACOA



OCONGATE

MARCAPATA

PITUMARCA

CHECACUPE

Sibinacocha

PENDIENTE	AREA_HECTAREA
0 - 3%	1819.64
3 - 7%	811.785
7-12%	1472.71
12- 25%	5140.25
25 -50%	3918.86
50 -75%	500.929
>75%	118.069

PENDIENTE



0-3 %
3-7 %
7-12 %
12-25 %
25-50 %
50-75 %
>75%

UBICACIÓN GENERAL

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

UBICACIÓN LOCAL

CUADRO DE CONVENCIONES

PENDIENTE (%)	CATEGORIA
0-3%	Plano
3 - 7%	Ligeramente plano
7 - 12%	Ligeramente inclinado
12 - 25%	Fuertemente ondulado
25- 50%	Fuertemente quebrado
50 - 75%	Escarpado
> 75%	Muy Escarpado

FUENTE DE INFORMACIÓN

Fuente de información Cartografía base:
Base cartográfica del IGN de Perú, escala 1:100,000

Fuente de información temática:
CARTA NACIONAL

OBSERVACIONES

Ninguna

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 10,000,000.0000
Central Meridian: -69.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

0 0.75 1.5 3 4.5 Kilometros

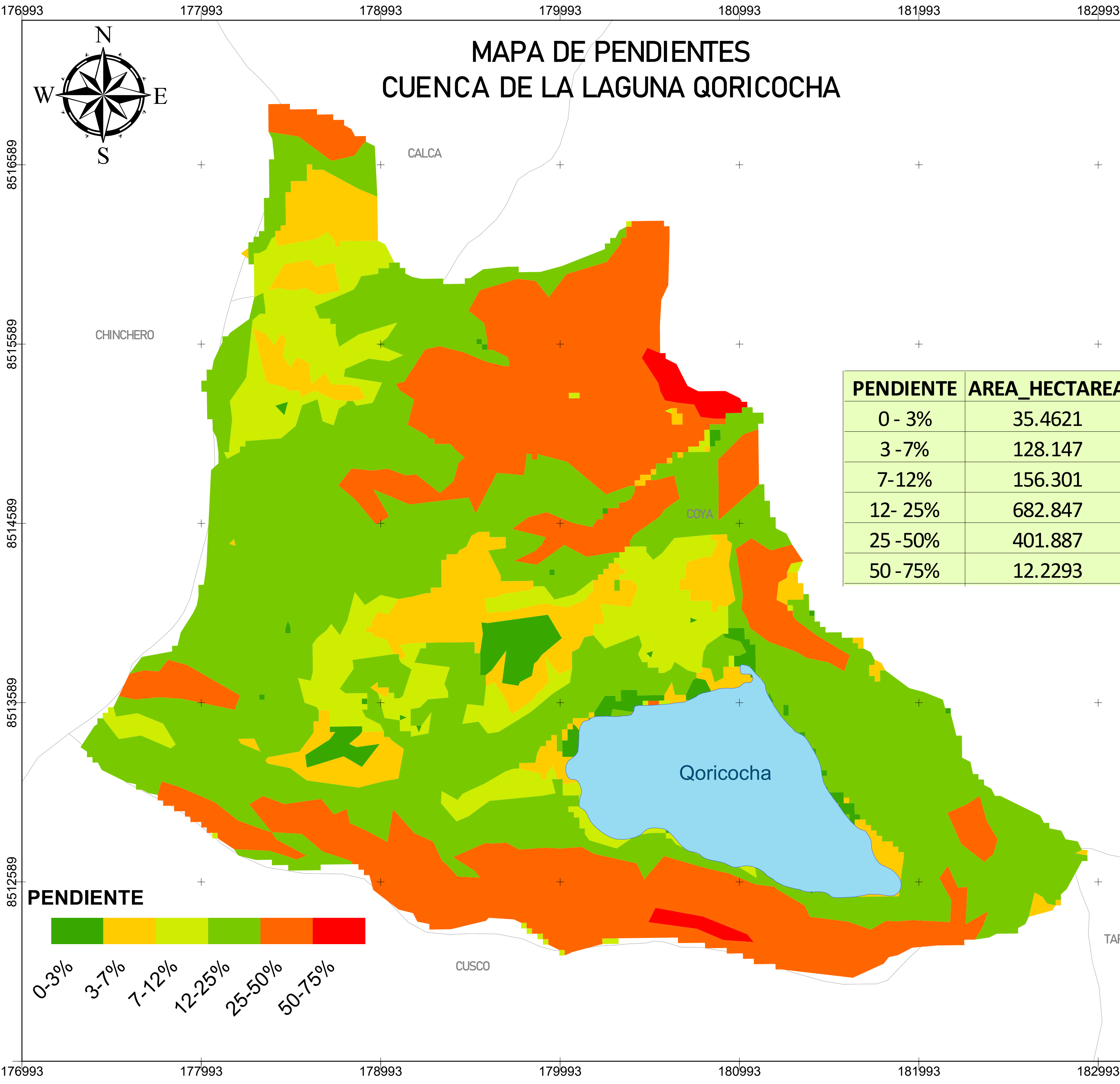
UNSAAC
Universidad Nacional de
San Antonio Abad del Cusco

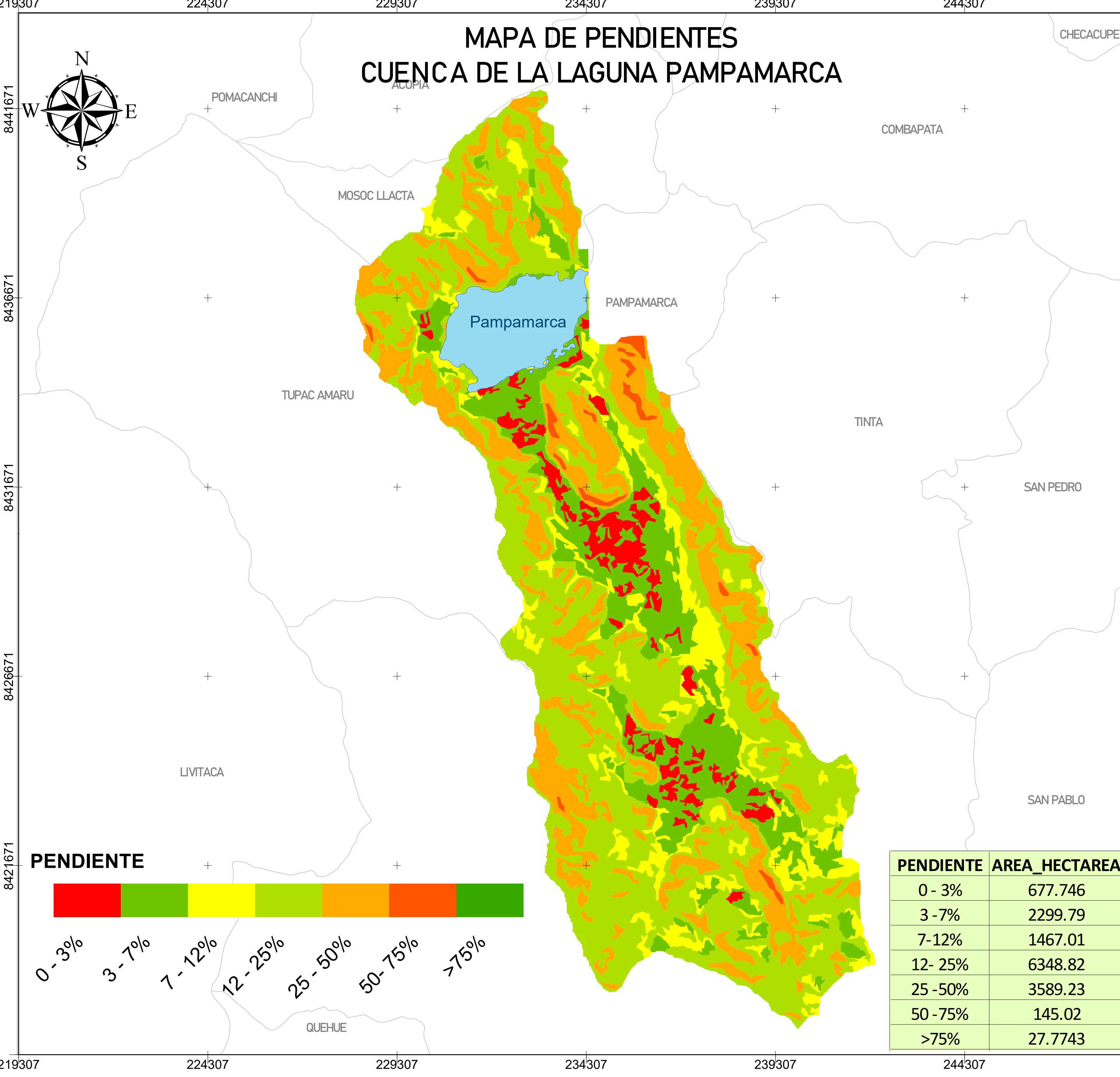
MAPA DE PENDIENTES
LAGUNA SIBINACOA

UBICACIÓN:	DATUM: World Geodesic System (WGS 84)
Departamento: Cusco	PROYECCION: Universal Transverse (UTM)
Provincia: Canchis	ZONA 19 L

FUENTE: Carta Nacional del Perú IGN, Imagen satelital LANDSAT COPERNICUS Google Earth PRO

265444270444275444280444285444290444





UBICACIÓN GENERAL

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

CUADRO DE CONVENCIONES

PENDIENTE (%)	CATEGORIA
0-3%	Plano
3 - 7%	Ligeramente plano
7 - 12%	Ligeramente inclinado
12 - 25%	Fuertemente ondulado
25- 50%	Fuertemente quebrado
50 - 75%	Escarpado
> 75%	Muy Escarpado

FUENTE DE INFORMACIÓN

Fuente de información Cartografía base:
Base cartográfica del IGN de Perú, escala 1:100,000

Fuente de información temática:
CARTA NACIONAL

OBSERVACIONES

Ninguna

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 10,000,000.0000
Central Meridian: -69.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

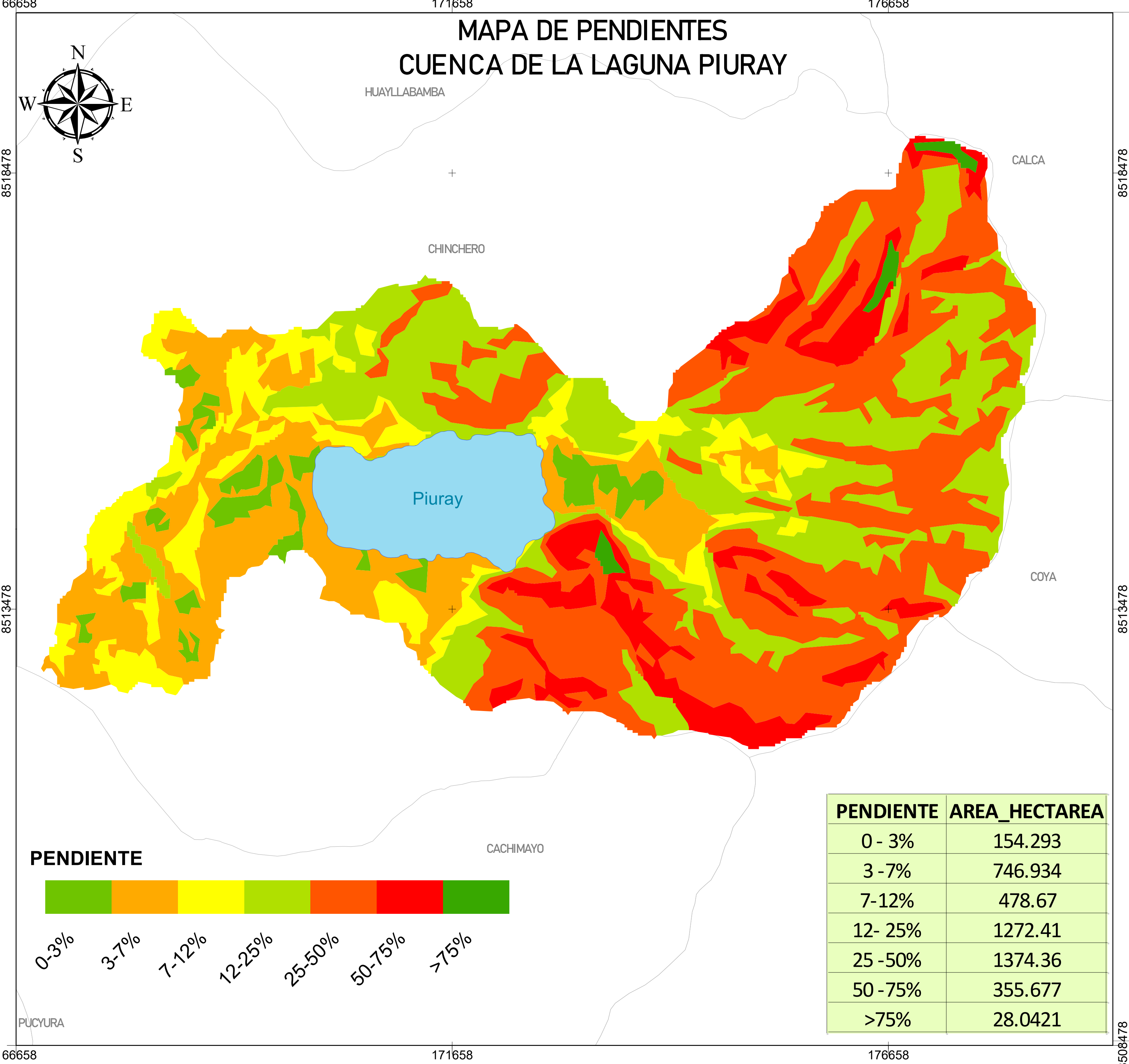
0 0.75 1.5 3 4.5 Kilometros

UNSAAC
Universidad Nacional de
San Antonio Abad del Cusco

**MAPA DE PENDIENTES
LAGUNA PAMPAMARCA**

UBICACIÓN:	DATUM: World Geodesic System (WGS 84)
Departamento: Cusco	PROYECCION: Universal Transverse (UTM)
Provincia: Acomayo	ZONA 19 L

FUENTE: Carta Nacional del Perú IGN, Imagen satelital LANDSAT COPERNICUS Google Earth PRO



UBICACIÓN GENERAL

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

UBICACIÓN LOCAL

CUADRO DE CONVENCIONES

PENDIENTE (%)	CATEGORIA
0-3%	Plano
3 - 7%	Ligeramente plano
7 - 12%	Ligeramente inclinado
12 - 25%	Fuertemente ondulado
25- 50%	Fuertemente quebrado
50 - 75%	Escarpado
> 75%	Muy Escarpado

FUENTE DE INFORMACIÓN

Fuente de información Cartografía base:
Base cartográfica del IGN de Perú, escala 1:100,000

Fuente de información temática:
CARTA NACIONAL

OBSERVACIONES

Ninguna

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 10,000,000.0000
Central Meridian: -69.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

0 0.3750.75 1.5 2.25 Kilometros

UNSAAC
Universidad Nacional de
San Antonio Abad del Cusco

MAPA DE PENDIENTES
LAGUNA PIURAY

UBICACIÓN:

Departamento: Cusco

Provincia: Urubamba

DATUM:

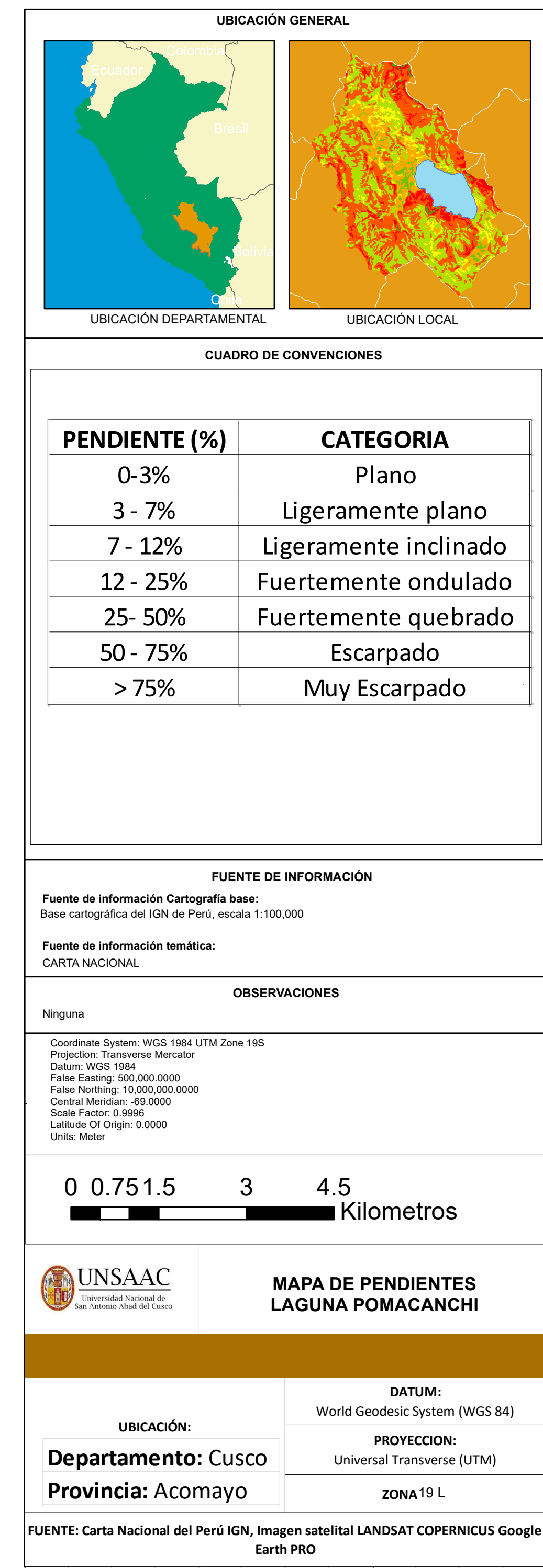
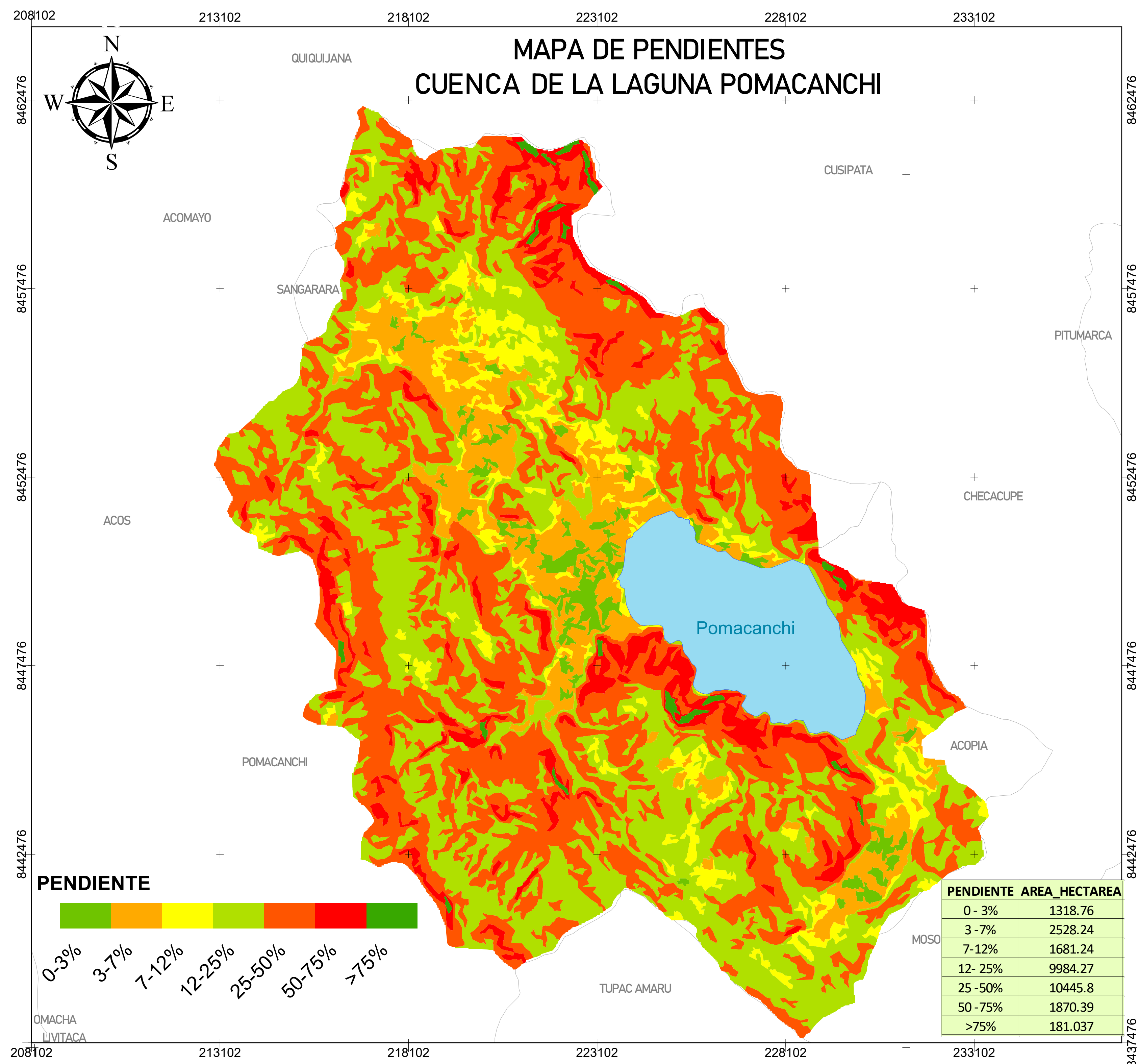
World Geodesic System (WGS 84)

PROYECCION:

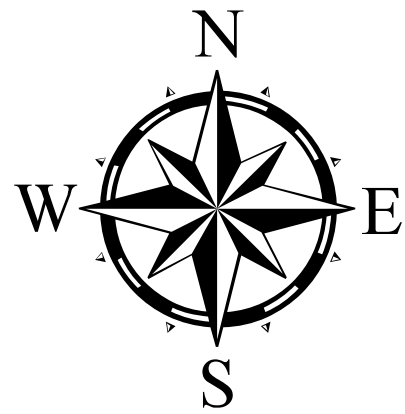
Universal Transverse (UTM)

ZONA 19 L

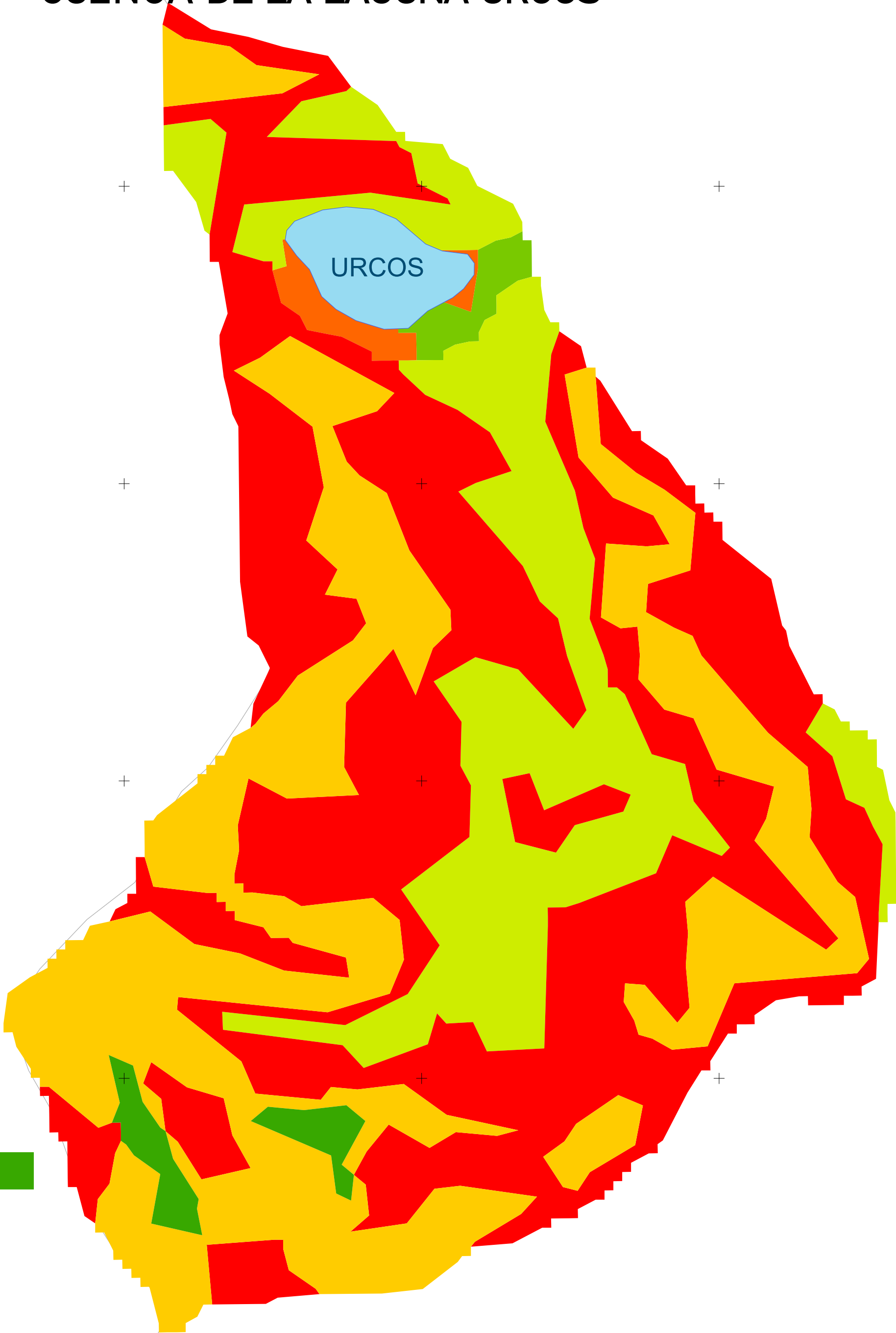
FUENTE: Carta Nacional del Perú IGN, Imagen satelital LANDSAT COPERNICUS Google Earth PRO



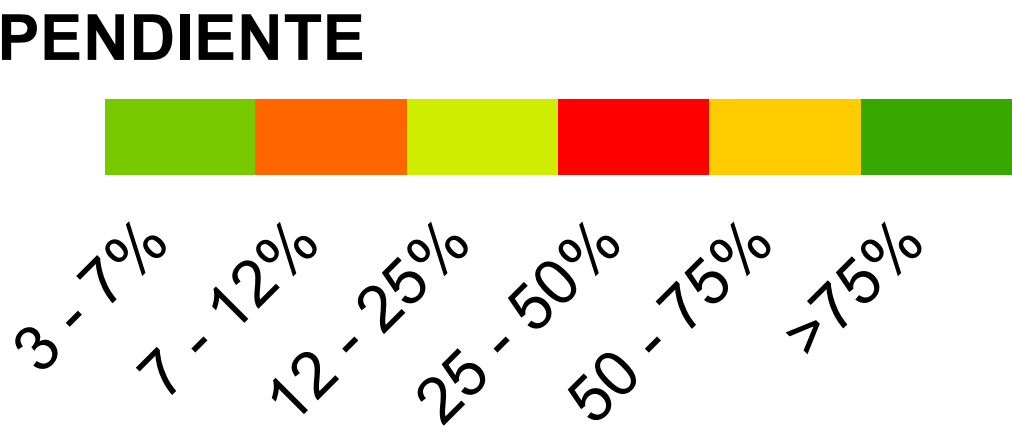
212642213642214642215642216642217642



MAPA DE PENDIENTES CUENCA DE LA LAGUNA URCOS



PENDIENTE	AREA_HECTAREA
3 - 7%	7.55737
7-12%	18.5952
12- 25%	141.315
25 -50%	319.749
50 -75%	223.739
>75%	11.256



UBICACIÓN GENERAL

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

UBICACIÓN LOCAL

CUADRO DE CONVENCIONES

PENDIENTE (%)	CATEGORIA
0-3%	Plano
3 - 7%	Ligeramente plano
7 - 12%	Ligeramente inclinado
12 - 25%	Fuertemente ondulado
25- 50%	Fuertemente quebrado
50 - 75%	Escarpado
> 75%	Muy Escarpado

FUENTE DE INFORMACIÓN

Fuente de información Cartografía base:
Base cartográfica del IGN de Perú, escala 1:100,000

Fuente de información temática:
CARTA NACIONAL

OBSERVACIONES

Ninguna

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 10,000,000.0000
Central Meridian: -69.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

0 0.15 0.3 0.6 0.9 Kilometros

UNSAAC
Universidad Nacional de
San Antonio Abad del Cusco

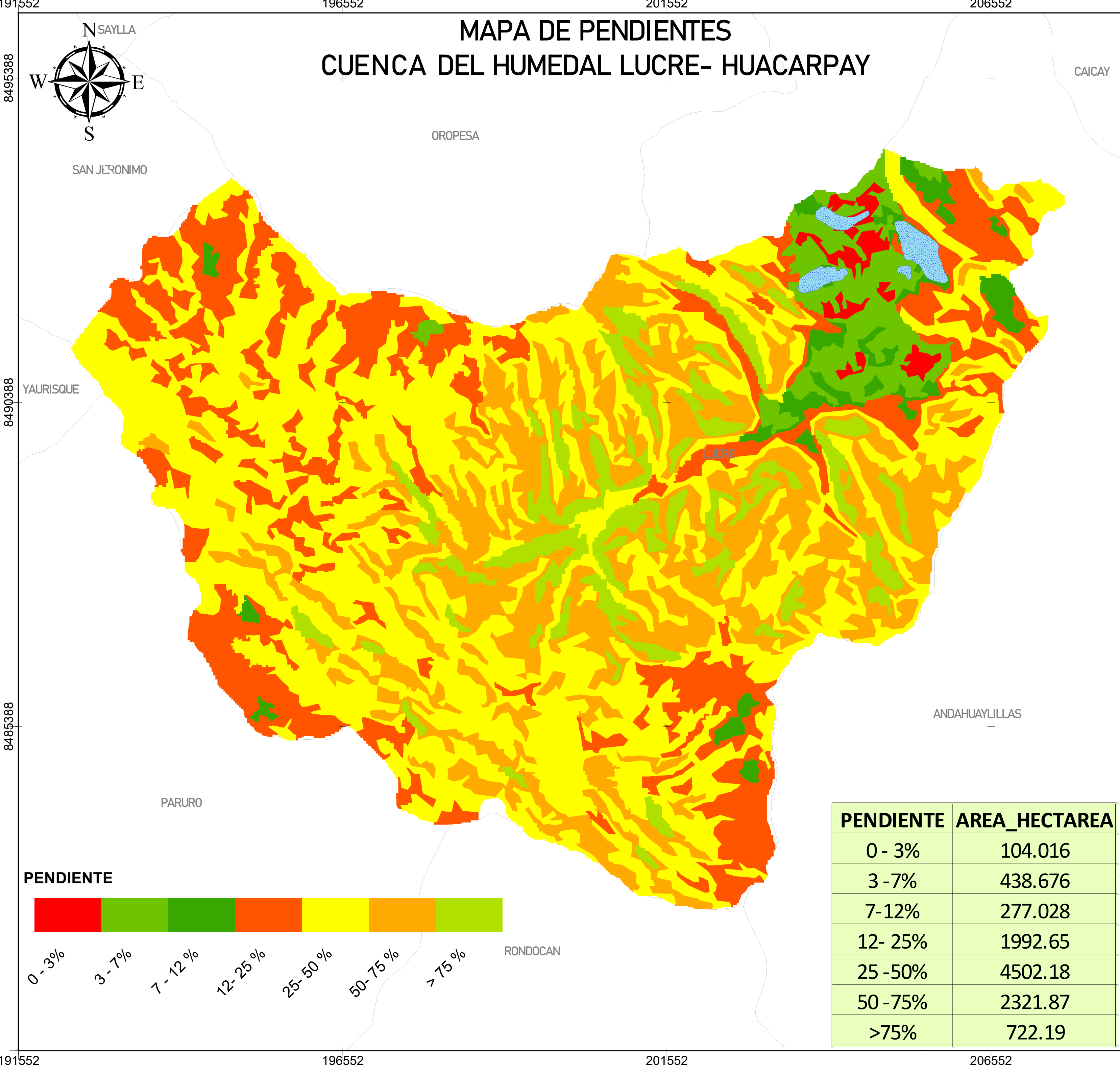
MAPA DE PENDIENTES
LAGUNA URCOS

UBICACIÓN:	DATUM: World Geodesic System (WGS 84)
Departamento: Cusco	PROYECCION: Universal Transverse (UTM)
Provincia: Quispicanchi	ZONA 19 L

FUENTE: Carta Nacional del Perú IGN, Imagen satelital LANDSAT COPERNICUS Google Earth PRO

84854908484490848349084824908481490

212642213642214642215642216642217642



UBICACIÓN GENERAL

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL

CUADRO DE CONVENCIONES

PENDIENTE (%)	CATEGORIA
0-3%	Plano
3 - 7%	Ligeramente plano
7 - 12%	Ligeramente inclinado
12 - 25%	Fuertemente ondulado
25- 50%	Fuertemente quebrado
50 - 75%	Escarpado
> 75%	Muy Escarpado

LUCRE-HUACARPAY

FUENTE DE INFORMACIÓN

Fuente de información Cartografía base:
Base cartográfica del IGN de Perú, escala 1:100,000

Fuente de información temática:
CARTA NACIONAL

OBSERVACIONES

Ninguna

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 10,000,000.0000
Central Meridian: -69.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

0 0.5 1 2 3 Kilometros

UNSAAC
Universidad Nacional de
San Antonio Abad del Cusco

MAPA DE PENDIENTES
HUMEDAL LUCRE-HUACARPAY

UBICACIÓN:	DATUM: World Geodesic System (WGS 84)
Departamento: Cusco	PROYECCION: Universal Transverse (UTM)
Provincia: Quispicanchi	ZONA: 19 L

FUENTE: Carta Nacional del Perú IGN, Imagen satelital LANDSAT COPERNICUS Google Earth PRO