



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



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DEL CARACHI
AMARILLO (*Orestias luteus*) Y CARACHI GRIS (*Orestias agassi*)
PARA LA REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL EN EL CIBPS –
CHUCUITO PUNO, 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

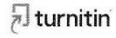
Bach. AMERICA MACHACA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2024



AMERICA MACHACA MAMANI

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DEL CARACHI AMARILLO (*Orestias luteus*) Y CARACHI GRIS (*Orestia*

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:415435449

131 Páginas

Fecha de entrega

12 dic 2024, 10:55 a.m. GMT-5

23,543 Palabras

Fecha de descarga

12 dic 2024, 11:01 a.m. GMT-5

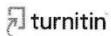
129,481 Caracteres

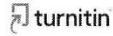
Nombre de archivo

TESIS AMERICA MACHACA MAMANI 12 DE DICIEMBRE 2024.pdf

Tamaño de archivo

2.9 MB





19% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 17% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

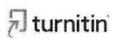
Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

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



Dra. Vicky Cristina Gonzalez Alcas
DIRECTORA
Unidad de Investigación
FCCBB - UNA

Dr. Edwin F. Orma Rivas
Docente - FCCBB
UNA - PUNO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DEL CARACHI AMARILLO
(*Orestias luteus*) Y CARACHI GRIS (*Orestias agassi*) PARA LA REPRODUCCIÓN
ARTIFICIAL EN EL CIBPS –CHUCUITO PUNO, 2023

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. AMERICA MACHACA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


Dr. SABINO ATENCIO MACHA

PRIMER MIEMBRO:


Bgo. HERMINIO RENE ALFARO TAPIA

SEGUNDO MIEMBRO:


Dr. RICARDO BONIFACIO HUERTA MAGUINA

DIRECTOR / ASESOR:


Dr. EDWIN FEDERICO ORNA RIVAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 17/12/2024

ÁREA: Ciencias Biomédicas

SUBLINEA: Acuicultura




vºBº Dra. VICKY CRISTINA GONZALES ALCOS
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN-FCCBB



DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional y sacrificios constantes, sin los cuales no habría podido llegar hasta aquí.

A mis profesores, por su paciencia, guía y conocimiento, que han sido fundamentales en mi formación.

A mis amigos, por su apoyo, compañía y momentos de alegría que han hecho más llevadero este camino.

Y finalmente, a todas aquellas personas que, de una forma u otra, han contribuido a la realización de este sueño.

America Machaca Mamani



AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a mi director/a de tesis, Ing. Edwin Orna Rivas, por su invaluable orientación, apoyo y paciencia a lo largo de este proceso. Su experiencia y consejos han sido fundamentales para el desarrollo de mi trabajo.

Agradezco también a mis docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, quienes me brindaron sus enseñanzas con quienes compartí momentos en mi formación profesional. Su motivación ha sido esencial en este camino.

Un agradecimiento especial a mi familia, por su amor incondicional y su apoyo constante. Gracias por creer en mí y por ser mi fuente de inspiración.

Finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este proyecto. Sin su ayuda, este trabajo no hubiera sido posible.

America Machaca Mamani



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	23
2.2. MARCO TEÓRICO	30
2.2.1. Taxonomía del género Orestias	30
2.2.2. Análisis seminal	31
2.2.3. Medición del volumen.....	32
2.2.4. Fertilización y Tasa de fecundación.....	33
2.2.5. Evaluación de la Motilidad Espermática	33
2.2.6. Relación entre el volumen seminal y la fecundidad.....	34



2.2.7. Influencia del Peso y Talla en la Calidad Espermática.....	35
2.2.8. Evaluación de ovas fecundadas	36
2.2.9. Capacidad de fertilización seminal.....	37
2.2.10. Conservación y Reproducción de Orestias.....	38
2.2.11. Indicadores de éxito en la reproducción de Orestias.....	39

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO.....	40
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
3.3. POBLACIÓN	41
3.4. MUESTRA.....	41
3.5. METODOLOGÍA	42
3.5.1. Recolección y selección de reproductores.....	42
3.5.2. Desove.....	42
3.5.3. Análisis microscópico	43

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	48
4.1.1. Análisis del volumen seminal por reproductor Carachi Amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi Gris (<i>Orestias agassi</i>).....	48
4.1.1.1. Análisis del volumen seminal en Carachi amarillo.....	54
4.1.1.2. Análisis del volumen seminal de Carachi gris.....	58
4.1.2. Determinación del grado de motilidad espermática de carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	63



4.1.2.1. Determinación del Grado de motilidad espermática de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).....	68
4.1.2.2. Determinación del Grado de motilidad espermática de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	73
4.1.3. Cuantificación de la concentración espermática de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	77
4.1.3.1. Cuantificación de la concentración espermática de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).....	81
4.1.3.2. Cuantificación de la concentración espermática de carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	85
4.1.4. Evaluación de la viabilidad espermática de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	91
4.1.4.1. Evaluación de la viabilidad de fecundación en ovas para <i>Orestias luteus</i>	96
4.1.4.2. Evaluación de la viabilidad de fecundación en ovas para <i>Orestias agassi</i>	103
V. CONCLUSIONES	109
VI. RECOMENDACIONES.....	110
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXOS.....	124

ÁREA: Ciencias Biomedicas

SUBLINEA DE INVESTIGACION: Acuicultura

FECHA DE SUSTENTACION: 17 de diciembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Escala para la evaluación de motilidad espermática.....	44
Tabla 2 Análisis de correlación entre peso (gr) y talla (mm) respecto al volumen seminal (ml) de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	50
Tabla 3 Datos estadísticos descriptivos del volumen seminal para Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	52
Tabla 4 Prueba t-Student de medias para muestras independientes.....	53
Tabla 5 Datos estadísticos descriptivos de peso (gr) y volumen seminal (ml) de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).....	54
Tabla 6 Análisis de correlación de Pearson entre el peso (gr) y el volumen seminal (ml) de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>)	54
Tabla 7 Datos estadísticos descriptivos entre la talla y el volumen seminal de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>)	56
Tabla 8 Análisis de Correlación de Pearson entre el volumen seminal (ml) y talla (mm) de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>)	57
Tabla 9 Datos estadísticos descriptivos de Peso (gr) y Volumen seminal (ml) de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	58
Tabla 10 Análisis de correlación de Pearson entre el peso (gr) y volumen seminal (ml) de Carachi gris (<i>Orestias agasi</i>)	59
Tabla 11 Datos descriptivos del volumen seminal (ml) y talla (mm) de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	61
Tabla 12 Análisis de correlación de Pearson entre Talla (mm) y Volumen seminal (ml) de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	61



Tabla 13	Análisis de correlación Rho de Spearman de Peso (gr) y Talla (mm) con el grado de motilidad por especie	65
Tabla 14	Prueba U de Mann - Whitney	67
Tabla 15	Datos estadísticos descriptivos del Grado de motilidad por individuo de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).....	68
Tabla 16	Análisis de Varianza del Grado de motilidad de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).....	69
Tabla 17	Análisis de frecuencias de reproductores de Carachi amarillo por Grado de motilidad	71
Tabla 18	Estadísticos descriptivos del Grado de motilidad por individuo de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	73
Tabla 19	ANOVA del Grado de motilidad de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	74
Tabla 20	Análisis de frecuencia del Grado de motilidad por individuo de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	75
Tabla 21	Análisis de Correlación de peso (gr) y talla (gr) con la concentración espermática para ambas especies	78
Tabla 22	Análisis descriptivo de la concentración espermática por especie	79
Tabla 23	Prueba t- student	80
Tabla 24	Conteo de concentración espermática de <i>Orestias luteus</i> por cuadrante en cámara de new Bauer	81
Tabla 25	Datos descriptivos de la concentración espermática por cuadrante para Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).....	82
Tabla 26	Análisis de Varianza de la concentración por cuadrante	83
Tabla 27	Conteo de concentración espermática en Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>) por cuadrante	85



Tabla 28	Datos estadísticos descriptivos de la concentración espermática por reproductor de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	86
Tabla 29	Análisis de Varianza para la concentración espermática de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	88
Tabla 30	Estadísticos descriptivos de espermatozoides/ml en Carachi amarillo y Carachi gris	90
Tabla 31	Análisis de correlación entre el porcentaje de fecundación con el peso (gr) y talla (mm) por especie.....	93
Tabla 32	Estadísticos descriptivos del porcentaje de fecundación por variedad de Carachi	94
Tabla 33	Análisis t-Student de medias para muestras independientes.....	95
Tabla 34	Datos estadísticos descriptivos de volumen seminal y porcentaje de fecundación	96
Tabla 35	Análisis de Pearson entre el porcentaje de fecundación y el volumen seminal	96
Tabla 36	Análisis de correlación Rho de Spearman	97
Tabla 37	Distribución de frecuencias de los reproductores de Carachi amarillo respecto al porcentaje de fecundación.....	99
Tabla 38	Datos estadísticos descriptivos para el volumen seminal y porcentaje de fecundación	103
Tabla 39	Análisis de correlación de Pearson entre el volumen seminal y porcentaje de fecundación	103
Tabla 40	Análisis de distribución de frecuencias de los porcentajes de fecundación de los reproductores de carachi gris.....	105



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).....	30
Figura 2 Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	31
Figura 3 Ubicación del centro de investigación	40
Figura 4 Obtención de líquido seminal.....	43
Figura 5 Observación en el microscopio del movimiento espermático	44
Figura 6 Conteo de espermatozoides	45
Figura 7 Método de Neubauer para el conteo de espermatozoides por reproductor ...	46
Figura 8 Análisis de relación entre el peso del reproductor (gr) y el volumen espermático (ml) por reproductor de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	48
Figura 9 Relación entre la talla (mm) y el volumen seminal (ml) por reproductor Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	49
Figura 10 Análisis de dispersión de peso (gr) y volumen seminal (ml) para Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>)	55
Figura 11 Análisis de dispersión del volumen seminal (ml) y talla (mm) de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>)	57
Figura 12 Análisis de dispersión entre el peso (gr) y el volumen (ml) de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	60
Figura 13 Análisis de dispersión entre Talla (mm) y Volumen seminal (ml) de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	62
Figura 14 Análisis de dispersión de del Grado de motilidad y peso (gr) de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	63



Figura 15	Análisis de dispersión del Grado de motilidad y talla (mm) de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	64
Figura 16	Barras de error simple de la Media de Grado de motilidad para Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>) y Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	66
Figura 17	Motilidad por muestra de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).....	70
Figura 18	Porcentaje de individuos por Grado de motilidad	71
Figura 19	Distribución de medias del Grado de motilidad por individuo de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	74
Figura 20	Distribución de porcentaje de frecuencias del Grado de motilidad por individuo de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	76
Figura 21	Análisis de relación entre la concentración espermática y peso (gr) por reproductor	77
Figura 22	Análisis de relación entre la concentración espermática y talla (mm) por reproductor	78
Figura 23	Análisis de cajas de concentración espermática por especie.....	79
Figura 24	Medias de concentración espermática por reproductor	83
Figura 25	Análisis de concentración espermática por reproductor de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>)	84
Figura 26	Distribución de medias de concentración espermática por reproductor de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	87
Figura 27	Concentración espermática en Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	89
Figura 28	Análisis de relación entre el porcentaje de fecundación y peso (gr) por reproductor de ambas especies	91
Figura 29	Análisis de relación entre el porcentaje de fecundación y talla (mm) por reproductor en ambas especies	92



Figura 30	Análisis de cajas del porcentaje de fecundación por especie	94
Figura 31	Análisis de dispersión del volumen seminal y porcentaje de fecundación	98
Figura 32	Distribución de frecuencias para el porcentaje de reproductores de Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>)	100
Figura 33	Análisis del Grado de motilidad con el porcentaje de fecundación de los reproductores de Carachi amarillo.....	101
Figura 34	Análisis de la media de concentración espermática con el porcentaje de fecundación.....	102
Figura 35	Análisis de dispersión entre el volumen seminal y el porcentaje de fecundación.....	104
Figura 36	Distribución de frecuencias en el porcentaje de fecundación para Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>).....	106
Figura 37	Análisis de grado de motilidad con el porcentaje de fecundación de los reproductores de Carachi gris (<i>Orestias agassi</i>)	107
Figura 38	Análisis de las medias de concentración espermática con el porcentaje de fecundación.....	108



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Procesamiento de las muestras para el análisis de calidad espermática ..	124
ANEXO 2 Observación directa de espermatozoides sin dilución.....	125
ANEXO 3 Observación de células espermáticas con dilución de 1/100.....	125
ANEXO 4 Morfología de las células espermática de Orestias	126
ANEXO 5 Desarrollo embrionario de Orestias	126
ANEXO 6 Espermatozoides por ml en Carachi amarillo.....	127
ANEXO 7 Espermatozoides por ml en Carachi gris	128



ACRÓNIMOS

%F:	Porcentaje de fecundación
40x:	Lente de magnificación
ADN:	Ácido Desoxirribonucleico
ATP:	Adenosín Trifosfato
CASA:	Análisis espermático asistido por computadora
CIBPS:	Centro de Investigación y Producción de Bienes y Servicios.
CIDAB:	Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano
DMSO:	Dimetilsulfóxido
gr:	Gramos
ICSI:	Microinyección Intracitoplasmática de Espermatozoides
ml:	Mililitro
mm:	Milímetros
rho:	Medida de correlación entre dos variables aleatorias
SSCC:	Cámara de recuento de espermatozoides de una sola pieza
TO:	Total de ovas empleadas para la fecundación
TOF:	Total de ovas fecundadas
valor F:	Valor estadístico que resalta la significancia
α :	Nivel de significación estadística
μ l:	Micro litro



RESUMEN

La disminución poblacional del género *Orestias* en el lago Titicaca, es una preocupación para la región de Puno. Debido a su importancia alimenticia, equilibrio ecológico y su economía, una alternativa es la reproducción artificial; por ello la investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad espermática de carachi amarillo (*Orestias luteus*) y carachi gris (*Orestias agassi*) para la reproducción artificial realizado en el CIBPS-Chucuito, durante mayo a agosto del 2023. Se analizó 25 machos de *Orestias luteus* y 25 machos de *Orestias agassi* en estadios V y VI, adquiridos en el muelle barco – Chucuito, la obtención del semen se realizó por medio de molienda testicular. Se analizó el volumen seminal mediante su cuantificación en microtubos. Se determinó el grado de motilidad espermática por reproductor según la escala de motilidad: Grado 0 (inmóviles), Grado 1 (inmóviles y vibración), Grado 2 (vibración y movimiento), Grado 3 (Movimiento rápido, movimiento lento, inmóviles), Grado 4 (movimiento rápido, movimiento lento), Grado 5 (movimiento rápido). Se evaluó la concentración espermática mediante el método de cámara de Neubauer. Se evaluó la viabilidad espermática, cuantificando el porcentaje de fecundación. Los resultados obtenidos fueron: volumen espermático 0.32 ± 0.07 ml para carachi amarillo y 0.40 ± 0.06 ml para carachi gris. Grados de motilidad, para ambas especies un nivel de “Grado 4”, según ANOVA el p valor $< 0,05$ el estudio es significativo. La concentración espermática media para carachi amarillo fue de 17,148,800 espermatozoides/individuo, y para carachi gris se registró una media de 22,066,480 espermatozoides/individuo. La media de % de fecundación para carachi amarillo es de 91.12 ± 1.810 % y 91.48 ± 1.388 % para carachi gris.

Palabras Clave: Calidad, Concentración, Fecundación, Motilidad, Reproducción, Volumen.



ABSTRACT

The population decline of the genus *Orestias* in Lake Titicaca is a concern for the Puno region. Due to its nutritional importance, ecological balance, and economic value, one alternative is artificial reproduction; therefore, the research aimed to evaluate the sperm quality of yellow carachi (*Orestias luteus*) and gray carachi (*Orestias agassi*) for artificial reproduction carried out at CIBPS-Chucuito, from May to August 2023. 25 males of *Orestias luteus* and 25 males of *Orestias agassi* in stages V and VI, acquired at the Chucuito boat dock, were analyzed; semen was obtained through testicular grinding. The seminal volume was analyzed by quantifying it in microtubes. The degree of sperm motility was determined per breeder according to the motility scale: Grade 0 (immobile), Grade 1 (immobile and vibration), Grade 2 (vibration and movement), Grade 3 (fast movement, slow movement, immobile), Grade 4 (fast movement, slow movement), Grade 5 (fast movement). Sperm concentration was evaluated using the Neubauer chamber method. Sperm viability was evaluated by quantifying the fertilization percentage. The results obtained were: sperm volume 0.32 ± 0.07 ml for yellow carachi and 0.40 ± 0.06 ml for gray carachi. Motility grades, for both species a "Grade 4" level, according to ANOVA the p-value < 0.05 indicates the study is significant. The average sperm concentration for yellow carachi was 17,148,800 sperm/individual, and for gray carachi, an average of 22,066,480 sperm/individual was recorded. The average fertilization rate for yellow catfish is $91.12 \pm 1.810\%$, and $91.48 \pm 1.388\%$ for gray catfish.

Keywords: Concentration, Fertilization, Motility, Quality, Reproduction, Volume.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El lago Titicaca se encuentra en Sudamérica y es un lago de valor ecológico multisistémico conocido por su biodiversidad única y una mezcla de culturas. Es el lago navegable ubicado a mayor altitud en el mundo y Sudamérica, su hábitat es esencial para la subsistencia de una variedad de especies acuáticas además de ser también un componente clave en la economía de las comunidades que lo rodean. Cabe destacar que actualmente este ecosistema enfrenta una gran problemática ambiental. De acuerdo con Mamani et al. (2022), hay preocupaciones importantes, como la disminución ascendente de las poblaciones de especies endémicas como el Carachi Amarillo y el Carachi Gris, ya que su supervivencia está relacionada con sus mecanismos de conservación en el mismo lago.

Quispe y Flores (2019) mencionan que la preservación de estas especies es cada vez más importante, no solo por su valor en la biodiversidad global, así mismo por su significancia para el equilibrio ecológico del ecosistema del lago Titicaca.

El descenso de supervivencia de estas especies tiene efectos adversos a lo largo de la cadena alimentaria del lago y en última instancia a la comunidad humana que se dedica a la extracción de este recurso. Es por ello que se torna una situación muy alarmante, Montesinos et al. (2022) sugiere que para abordar la problemática de disminución de especies endémicas se puede contrarrestar con la reproducción artificial, eventualmente se vuelve una potencial estrategia clave para preservar la biodiversidad del lago Titicaca. Es por ello, que demanda una gran importancia que la calidad espermática de los reproductores.



Para lograr una repoblación y conservación de especies endémicas es fundamental tener éxito en la reproducción y a su vez tener una óptima calidad espermática. Es por ello que el mejoramiento de la calidad espermática de los reproductores de Carachi amarillo y Carachi gris es un eje fundamental para la conservación de la fauna del Lago Titicaca. El trabajo de tesis titulado "Evaluación de la Calidad Espermática del Carachi Amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi Gris (*Orestias agassi*) para la Reproducción Artificial en el CIBPS – Chucuito Puno, 2023" plantea que el mejoramiento de la calidad espermática logra que la capacidad de los espermatozoides al fertilizar un óvulo sea exitoso significativamente y este es fundamental para la conservación de la especie teniendo en cuenta que este proceso ha sido afectado negativamente por la sobrepesca, la contaminación del agua, y la disminución de zonas de desove. El presente estudio tiene una gran relevancia biológica y conservacional. Además, tiene un impacto social y económico porque se desarrolla en comunidades locales que son dependientes de la flora y fauna del lago Titicaca. Para garantizar la eficacia de los programas de reproducción artificial y el repoblamiento de estas especies en el lago Titicaca, es esencial comprender y mejorar la calidad de los espermatozoides. Por lo que se plantea los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad espermática de los reproductores de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el volumen seminal por reproductor de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*)



- Determinar el grado de motilidad espermática por reproductor de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*) como indicador de la capacidad reproductiva
- Cuantificar la concentración espermática por reproductor de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*)
- Evaluar la viabilidad espermática por reproductor de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*) en términos de porcentaje de fecundidad.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

El género *Orestias* originario de la región altiplánica de los Andes, se extiende a lo largo de Perú, Bolivia y Chile, con una ubicación geográfica que oscila desde los 9° S hasta los 22° S. Esta distribución se encuentra influenciada por eventos vicariantes y adaptaciones ictioecológicas. Más de la mitad (23 especies) de las especies de *Orestias* habitan en la cuenca del lago Titicaca y sus afluentes. Otras especies se dividen entre El salar de Ascotán en el norte de Chile y el lago Lacsha en el centro del Perú (Cruz-Jofré et al., 2013). Las especies de *Orestias* prosperan en ambientes de gran altitud, alcanzando hasta 4.200 metros sobre el nivel del mar, y pueden sobrevivir en aguas con poco oxígeno (Morales et al., 2024).

Los lagos Titicaca y Poopó, muestran una gran diversidad de especies y densidad poblacional en situación crítica (Rojas et al., 2024).

Cabe resaltar que, a pesar de su amplia presencia y su notable resistencia, hay pocas investigaciones ambientales y biológicas enfocadas en el género *Orestias*. Ibañez (1976) corroboró esta afirmación indicando que es necesario llevar a cabo más investigaciones para comprender mejor las características y el comportamiento de estas especies distintivas en su entorno natural.

Estudios recientes demuestran que existe una diversificación constante, la adaptación a diversas condiciones ecológicas y características climáticas hace que su especiación tenga una distribución alopátrica en los sistemas del extremo sur del Altiplano, especialmente en manantiales de agua dulce aislados, lo que demuestra el papel



de los factores abióticos en la diferenciación poblacional (Vila et al., 2013). Incluyendo los factores ambientales y las variaciones históricas del nivel del agua que también influyen notablemente en la diferenciación de las especies del género *Orestias*. (Cruz-Jofré et al., 2013)

Si bien el género *Orestias* se asocia principalmente con el Altiplano, su historia evolutiva y sus adaptaciones ecológicas indican la posibilidad de especies desconocidas y una mayor diversificación en respuesta a las cambiantes condiciones ambientales. Los análisis morfométricos revelan diferencias significativas entre las especies, relacionadas con sus condiciones ambientales extremas Rojas et al., (2020). Por ejemplo, *Orestias piacotensis*, una especie recientemente descrita, ejemplifica adaptaciones únicas a su hábitat específico (Vila, 2006). Por otro lado, los estudios actuales se enfocan en las relaciones filogenéticas, focalizándose en investigaciones exhaustivas sobre la ecología y el comportamiento. (Morales et al., 2024)

Según Martínez et al. (2010), varios parámetros son cruciales para evaluar la calidad de los espermatozoides. La motilidad, que se refiere a la capacidad de movimiento de los espermatozoides, la concentración, que indica la cantidad de espermatozoides presentes, la morfología, que evalúa la estructura y forma de estos; la integridad del ADN, un factor importante que afecta la capacidad reproductiva y la salud de la descendencia y los marcadores avanzados de la función espermática. Estos parámetros son esenciales para evaluar de manera completa la calidad del semen, que es fundamental en estudios de fertilidad y programas de reproducción. Además, según Kowalski & Cejko (2019) incluye la velocidad de los espermatozoides es influyente durante la reproducción asistida, el volumen de líquido seminal es un parámetro para evaluar la calidad global del espermatozoides y la estabilidad de la membrana, que se reconoce cada vez más por su importancia para



predecir el potencial de fecundación y su función mitocondrial, que es esencial para producir energía en los espermatozoides, lo que afecta su motilidad y viabilidad general.

Según Schulz et al. (2010), la espermatogénesis es el resultado de un proceso de maduración donde se producen espermatozoides haploides, esenciales para la transmisión y la diversidad genética, La autorrenovación de las células madre espermatogoniales, la diferenciación de los espermatoцитos y, finalmente, la formación de espermatozoides maduros son parte de este proceso (Chen et al., 2020). Estos espermatozoides tienen como objetivo principal transmitir su información genética a la siguiente generación para garantizar la continuidad y la diversidad genética. La complejidad y las implicaciones de este proceso para la fertilidad y la herencia genética han sido objeto de numerosos estudios.

Para entender la dinámica reproductiva y optimizar las estrategias de gestión y conservación de las especies, es esencial evaluar la madurez gonadal. Rodríguez (1992) destacando que la variabilidad en la madurez gonadal tiene un impacto directo en las tasas de supervivencia, fertilidad y crecimiento. Estudios recientes que examinan una variedad de métodos y las implicaciones de la madurez gonadal en todas las especies respaldan esta comprensión. Por ejemplo, los modelos de aprendizaje automático de Random Forest que predice con precisión la condición reproductiva de los peces, utilizado para predecir la edad de madurez sexual en los peces destacando su importancia para la modelización del ciclo de vida y el crecimiento de la población (Heydenrych et al., 2024). También la clasificación aleatoria, es una técnica avanzada que ha mejorado la precisión de las evaluaciones del estado reproductivo de los peces, lo que demuestra la importancia de la madurez gonadal en el manejo eficaz. (Flores et al., 2023).



Existen factores que son claves en la calidad espermática de una determinada especie. Entre ellos esta: el volumen seminal, la concentración espermática, la composición seminal, la constitución de la membrana espermática y la motilidad espermática. Sin embargo, estos factores no son iguales entre las diferentes especies, también, pueden variar a un nivel individual. Esta observación destaca la dificultad de analizar la calidad espermática y la urgencia de ajustar las técnicas de análisis de acuerdo a las especificaciones para cada especie y las variaciones individuales dentro la misma. La reproducción exitosa depende de este conocimiento, especialmente en proyectos de conservación y reproducción asistida de especies acuáticas y terrestres. (Rana, 1995)

Loayza (2009), Mamani y Méndez (2016) han demostrado que los métodos de reproducción artificial son efectivos en especies acuáticas, particularmente en lo que se refiere a las tasas de fertilización. Los resultados de Loayza muestran una tasa máxima de fertilización extraordinaria del 95 % y un promedio continuo del 90 %, lo que indica una elevada eficiencia en el proceso de fertilización a pesar de las leves variaciones que se atribuyen al daño físico durante la fertilización. De manera similar, Mamani y Méndez reportan una tasa de éxito del 92 % en la fertilización de huevos de *Orestias luteus*, lo que exhibe el potencial del método seco para la reproducción artificial, que es fundamental para preservar las especies acuáticas en peligro de extinción. Las excelentes tasas de fertilización percibidas en ambos estudios sugieren que la reproducción artificial puede ayudar significativamente a la conservación de especies ictiológicas, brindando un método confiable para la gestión de la población y los esfuerzos de recuperación. Si bien estos resultados son prometedores, es importante considerar los desafíos potenciales de la reproducción artificial, como el riesgo de poliespermia y la necesidad de condiciones ambientales ideales. Ambos factores pueden afectar las tasas generales de éxito en diferentes especies. (Kuzmenko & Vovk, 2023).



Según Viveiros et al. (2009) la comprensión de la viabilidad de los espermatozoides y el potencial de fertilización después de la congelación de las especies acuáticas amazónicas han mejorado significativamente como resultado de la investigación sobre las técnicas de crioconservación de especies acuáticas amazónicas, estableciendo los efectos de los crioprotectores en los espermatozoides de especies comercialmente significativas. Enfatizaron la importancia de estas sustancias para mejorar el éxito reproductivo en programas de conservación. Los estudios muestran que el dimetilsulfóxido (DMSO) y el metanol son crioprotectores eficaces, ya que el DMSO mantiene la motilidad de los espermatozoides después de la descongelación mantienen la viabilidad de los espermatozoides durante la congelación, lo cual es necesario para las estrategias de manejo y conservación efectivas de la Amazonía (Ramírez et al., 2011). Las investigaciones exhiben que las concentraciones específicas de crioprotectores pueden mejorar significativamente la viabilidad de los espermatozoides, con condiciones óptimas que conducen a una viabilidad celular superior al 90% en algunos casos (López et al., 2024). Por otro lado, Martino (2006) examinó las técnicas de crioconservación del semen de *Colossoma macropomum* y descubrió importantes conocimientos sobre los problemas y las implicaciones para la gestión de los recursos pesqueros destacando que varios crioprotectores y períodos de congelación tienen un impacto significativo en la viabilidad de los espermatozoides, con variaciones significativas en los porcentajes de fertilización y los métodos de crioconservación lentos pueden reducir las tasas de motilidad y fertilización en comparación con el semen fresco. El estudio enfatiza el impacto de la crioconservación en la capacidad de fertilización y requiere protocolos optimizados para mejorar el rendimiento reproductivo de las especies acuáticas.

Watson (1995) descubrió que, para mantener la motilidad y la funcionalidad general de los espermatozoides durante la crioconservación, es fundamental mantener la



integridad de los espermatozoides. Enfatizó que el mantenimiento de la estructura celular es esencial para la motilidad de los espermatozoides en el transcurso de la criopreservación porque la integridad estructural afecta directamente la funcionalidad.

Moreno et al. (2012) examinaron este tema y afirmaron que, para mantener la viabilidad y la movilidad de los espermatozoides, es esencial mantener las condiciones de crioconservación ideales. Por otro lado, Ramirez y Robles (2010) investigaron una variedad de elementos que influyen en la integridad de los espermatozoides y descubrieron problemas como la formación de cristales de hielo y las diferencias de presión osmótica, que pueden afectar la viabilidad celular durante la criopreservación.

Un enfoque importante de investigación para mejorar las técnicas de crioconservación es el impacto de los crioprotectores en la motilidad de los espermatozoides. Los estudios han demostrado que varios crioprotectores, incluido el DMSO y el glicerol, tienen un efecto significativo en la viabilidad y la motilidad de los espermatozoides, lo que significa que deben ser optimizados para cada especie. Varela et al (2012) hallaron que la motilidad de los espermatozoides se veía afectada negativamente por el aumento de las concentraciones de DMSO. Este estudio enfatiza la relevancia de optimizar los niveles de crioprotectores para obtener mayores resultados de fecundación. Ishizaki et al, (2014) descubrieron que el DMSO reducía la presión osmótica durante la congelación, lo que incrementaba el efecto crioprotector en varias células, incluido el esperma. Llasaca (2013) estudió cómo varios métodos de activación afectaban la motilidad de los espermatozoides de los peces y descubrió que las respuestas específicas de cada especie a los crioprotectores son fundamentales para una criopreservación efectiva. Por otro lado, Firsova et al. (2013) señalaron que el glicerol a una concentración del 5% mejoraba la motilidad de los espermatozoides en una especie de bagre africano. Esto confirma la importancia de implementar métodos adecuados para cada especie.



Lo Nostro et al. (2003) señalan que la inmovilidad de los espermatozoides no siempre significa muerte, lo que significa que necesitamos una comprensión más profunda de la viabilidad de los espermatozoides. Se han realizado investigaciones recientes que examinan cómo la motilidad de los espermatozoides afecta el éxito reproductivo. La motilidad de los espermatozoides es importante tanto para la fertilización natural como para las tecnologías de reproducción asistida. Las tasas de fecundación son relacionadas con la mala motilidad (Hoek et al., 2022). Los métodos como la ecografía de alta frecuencia han demostrado ser prometedores para mejorar la motilidad de los espermatozoides que antes estaban inmóviles; los estudios muestran un aumento de hasta un 266% en los parámetros de motilidad (Vafaie et al., 2024). Además los espermatozoides vivos pero inmóviles se pueden encontrar a través de pruebas de viabilidad, lo que significa que todavía pueden ser adecuados para algunos procedimientos (ICSI) (Montag, 2023). Sin embargo, otros estudios muestran que la temperatura y la osmolalidad, entre otros factores ambientales, tienen un impacto significativo en la motilidad y la viabilidad de los espermatozoides, lo que evidencia que la motilidad no es el único indicador del potencial reproductivo (Merino et al., 2024). Las estrategias de reproducción artificial pueden mejorarse con un mejor entendimiento de la dinámica de la motilidad de los espermatozoides, especialmente para especies en peligro de extinción (Dziewulska & Pilarska, 2023). La investigación demuestra que es necesario usar medios de activación apropiados para maximizar la motilidad de los espermatozoides, lo que reafirma aún más la idea de que los espermatozoides inmóviles todavía pueden tener viabilidad. (Elmi et al., 2023)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Taxonomía del género *Orestias*

Basándonos en una revisión detallada de la literatura especializada y su propia investigación. Zuñiga (1998) menciona el orden taxonómico siguiente para las especies ícticas nativas del lago Titicaca.

a. Carachi amarillo (*Orestias luteus*)

Reino	: Animalia
Phylum	: Chordata
Clase	: Osteichthyes
Orden	: Cyprinodontiformes
Sub Orden	: Cyprinodontoidei
Familia	: Cyprinodontidae
Género	: <i>Orestias</i>
Especie	: <i>Orestias luteus</i> ,
Nombre común:	“carachi amarillo”

Figura 1

Carachi amarillo (Orestias luteus)



b. Carachi gris (*Orestias agassii*)

Reino	: Animalia
Phylum	: Chordata
Clase	: Osteichthyes
Orden	: Cyprinodontiformes
Sub Orden	: Cyprinodontoidei
Familia	: Cyprinodontidae
Género	: <i>Orestias</i>
Especie	: <i>Orestias agassii</i> ,
Nombre comun:	“carachi gris”

Figura 2

Carachi gris (Orestias agassii)



2.2.2. Análisis seminal

Se desarrolla una evaluación precisa y detallada del semen de varios tipos de peces del género *Orestias*, incluidos el Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y el Carachi gris (*Orestias agassii*). Este análisis es fundamental para comprender la salud reproductiva y la fertilidad de estas especies, siendo vital para la conservación y la reproducción artificial. Este proceso consiste en medir el volumen de semen generado por los ejemplares y determinar la concentración de espermatozoides, cuyo resultado es clave para evaluar la potencial fecundidad.



Además, se examina la motilidad de los espermatozoides, un factor fundamental para el éxito de la fertilización porque los espermatozoides móviles tienen más probabilidades de fertilizar el óvulo. Además, se analiza la morfología de los espermatozoides para identificar cualquier anomalía que sea capaz de afectar la capacidad de fertilización. La proporción de espermatozoides vivos se determina mediante la evaluación de la viabilidad del semen, a la vez el análisis de la integridad del ADN espermático es obligatorio para garantizar una transmisión genética saludable. Las estrategias de manejo y conservación de estas especies acuáticas endémicas se pueden optimizar utilizando estos elementos evaluados a través de métodos y técnicas especializadas. (Cusiyunca-Phoco et al., 2024)

2.2.3. Medición del volumen

En los estudios de reproducción de peces, especialmente en las especies de Orestias, es indispensable medir el volumen de semen y huevos para identificar el potencial reproductivo y optimizar las técnicas de reproducción artificial. La fertilización y el manejo eficaz de estas especies endémicas requieren métodos de cuantificación precisos. La cantidad total producida por un macho es un indicador significativo de la cantidad de espermatozoides accesibles para la fertilización (Banish, 2024). Para obtener una medida precisa, se utilizan técnicas como el uso de jeringas o recipientes graduados. La cámara de recuento de espermatozoides de una sola pieza (SSCC) es un ejemplo de una innovación que ha mejorado la precisión y el costo de la determinación de la concentración de esperma (Belgodere et al., 2022). Simultáneamente se llevan a cabo el recuento de ovas y la estimación de su volumen. Estas técnicas consisten en contar una submuestra de ovas y extrapolarlos para estimar la fecundidad total, lo cual es fundamental para comprender las tasas de fertilidad (Dietrich et al., 2021). Además de su



evaluación de la calidad, en la que los huevos se clasifican según criterios visuales para maximizar los resultados de fertilización. (Linhart et al., 2023).

2.2.4. Fertilización y Tasa de fecundación

La fertilización es el proceso clave para la reproducción y conservación de especies de peces como *Orestias luteus* y *Orestias agassi*. Varios factores, incluida la calidad del esperma, la calidad de los óvulos y las condiciones ambientales, afectan la tasa de fertilización, que señala el porcentaje de óvulos fecundados con éxito. Una excelente tasa de fecundación indica un buen nivel de calidad de esperma y a la vez un buen manejo de metodologías, siendo fundamentales para el logro en la conservación y reproducción de estas ictioespecies. En síntesis, la fertilización y la tasa de fecundación son medidas necesarias para comprender la salud poblacional y la viabilidad reproductiva de los *Orestias*. (Judycka et al., 2021).

Además, cabe destacar que las variables ambientales desempeñan un papel importante en las tasas de producción de huevos y en el éxito reproductivo general. Los modelos predictivos que incorporan estos factores pueden mejorar la comprensión y la gestión de los programas de reproducción (Yin et al., 2023). Si bien la atención se centra con frecuencia en mejorar las tasas de fertilización mediante condiciones controladas, también es esencial tener en cuenta los comportamientos reproductivos naturales y las adaptaciones ambientales de estas especies para garantizar el éxito de la conservación a largo plazo.

2.2.5. Evaluación de la Motilidad Espermática

Para comprender la biología reproductiva de las *Orestias* es necesario evaluar detalladamente la motilidad del esperma. La morfología y la motilidad de



los espermatozoides pueden variar según los modos de fertilización, lo que afecta su eficacia al fertilizar los óvulos. En esta evaluación se utiliza métodos sofisticados para examinar una variedad de parámetros de motilidad afectados por factores ambientales y biológicos. La velocidad lineal, la trayectoria y la duración de la motilidad activa se miden junto con la rapidez y eficiencia del movimiento de los espermatozoides utilizando técnicas avanzadas de microscopía y analizadas por el análisis espermático asistido por computadora (CASA) que se usa ampliamente para evaluar los rasgos de motilidad (Dziewulska & Pilarska, 2023). Los programas de reproducción dependen de evaluaciones precisas de la motilidad de los espermatozoides para seleccionar especímenes viables para la reproducción artificial. También es importante conocer la edad, las condiciones ambientales y la dieta ya que afectan la motilidad de los espermatozoides. Por ejemplo, la cinemática de la motilidad está fuertemente influenciada por la temperatura; temperaturas más altas tienen una motilidad más baja. Otros estudios muestran que los contaminantes pueden afectar negativamente a la motilidad de los espermatozoides, lo que pone de manifiesto la necesidad de monitorizar cuidadosamente las estrategias de conservación. (Santos et al., 2022). En contexto, es más probable que un espermatozoide con buena motilidad alcance y fertilice el óvulo.

2.2.6. Relación entre el volumen seminal y la fecundidad

Un mayor volumen de semen generalmente se asocia con un mayor potencial de fertilización, ya que proporciona una mayor cantidad de espermatozoides para fertilizar los óvulos. Según los estudios, un mayor volumen de semen se correlaciona con una mejor calidad y concentración de espermatozoides, que son necesarios para una fecundación exitosa (Montes-



Garrido et al., 2022) Esto demuestra la relación entre el volumen de semen y la fertilidad.

Se ha demostrado que, en varias especies, el volumen testicular predice la producción de espermatozoides, lo que implica que un mayor tamaño testicular puede aumentar el volumen del semen y, por lo tanto, las tasas de fertilidad. (Mussa et al., 2023). Comprender el volumen óptimo de semen es esencial para maximizar las tasas de fertilización en las prácticas de reproducción artificial. Las investigaciones destacan que los rasgos de calidad del semen, incluido el volumen, influyen directamente en el éxito de la inseminación artificial (Johansson et al., 2023) La optimización del volumen de semen para especies en peligro de extinción como *Orestias* puede incrementar la mejora de los programas de reproducción y garantizar una mejor salud reproductiva y sostenibilidad de las poblaciones. (Bucci et al., 2023).

2.2.7. Influencia del Peso y Talla en la Calidad Espermática

Según los estudios, los individuos de mayor tamaño y más saludables producen semen de mayor calidad, lo que es un requisito obligatorio para el éxito de los programas de reproducción. Se sabe que un mayor tamaño corporal está relacionado con una mayor concentración y motilidad de los espermatozoides, lo que mejora el resultado de la fecundación, esto define el impacto de la condición corporal en la calidad del esperma. (Loayza et al., 2023). Las puntuaciones óptimas de condición corporal (BCS) en especies cautivas están relacionadas con mejores parámetros del semen, lo que implica que la selección de reproductores en función del tamaño puede mejorar los resultados reproductivos. (Lüeders et al., 2024).



Por otro lado, la selección del tamaño y el peso no solo mejora la calidad del esperma, sino que también ayuda a mantener la diversidad genética, algo crucial para las especies amenazadas por la depredación y la pérdida de hábitat (Marc et al., 2024). La supervivencia de estas especies endémicas se puede garantizar mejor si se conocen estas relaciones. (Wang et al., 2023).

Aunque el peso y el tamaño son importantes, también es relevante considerar otros factores, como las condiciones ambientales y los antecedentes genéticos, ya que estos pueden afectar la calidad del esperma y el éxito reproductivo general de estas especies.

2.2.8. Evaluación de ovas fecundadas

Para garantizar la viabilidad y la calidad de los organismos acuáticos, es clave evaluar los huevos (ovas) fertilizados. Este proceso permite garantizar el éxito en la producción de alevines y juveniles porque identifica y selecciona los huevos con mayor probabilidad de desarrollarse en individuos fuertes y saludables. Las características físicas, las tasas de fertilización y los problemas potenciales que afectan el desarrollo embrionario se examinan durante este proceso. Los rasgos físicos de los óvulos fertilizados, como el color, el tamaño y la forma, son importantes indicadores de calidad. Por ejemplo, investigaciones realizadas en huevos de esturión han demostrado que los altos índices gonadosomáticos están asociados con una calidad de óvulo superior (Pashko et al., 2023). Otros estudios demostraron que el peso y la cantidad de huevos producidos por las hembras son los parámetros principales para evaluar el éxito reproductivo en cangrejos de río, y se han observado correlaciones y variaciones notables entre las especies. (Slusar et al., 2023). La calidad de los huevos y las condiciones en las que se fertilizan pueden afectar las tasas de supervivencia de



los embriones, lo que demuestra la importancia de un seguimiento cuidadoso (Linhart et al., 2023). Eventualmente la evaluación de huevos fecundados es esencial para el éxito de la acuicultura, todavía existen desafíos, como las altas tasas de mortalidad observadas en ciertas técnicas de reproducción, que requieren investigación continua para mejorar la calidad de los huevos y la viabilidad embrionaria. (Carmona et al., 2021) Los patógenos y las deformidades en los embriones deben ser identificados para mantener las poblaciones sanas. (Golotin et al., 2023). Las técnicas de aislamiento de células embrionarias de huevos de peces facilitan el estudio de problemas de desarrollo (Ocalewicz, 2023).

2.2.9. Capacidad de fertilización seminal

La calidad del espermatozoide, la motilidad, la concentración, la viabilidad y los aspectos genéticos son algunos de los factores que afectan la capacidad de fertilización ya que están intrínsecamente relacionadas con esta capacidad reproductiva. (Osorio y Arias, 2019) Estudios demostraron que el rendimiento espermático de los peces y la capacidad de fertilización están influenciados por la concentración del líquido reproductor femenino, que mejora la motilidad de los espermatozoides, especialmente en concentraciones bajas cerca de los óvulos (Takeshi., et al 2022). Además se demostró que el modo de fertilización afecta la morfología, la motilidad y los niveles de competencia de la cabeza de los espermatozoides en los peces marinos, lo que es necesario para una fertilización exitosa (Narud et al., 2023). Por otro lado, en los aspectos genéticos destacan las influencias genéticas, como los patrones de metilación del ADN, que tienen un gran impacto en la calidad del espermatozoide y el rendimiento de las crías, lo que repercute en la gestión de la acuicultura, la selección de reproducción y la adaptación ambiental en la pesca (Zhang et al., 2022). Aunque la atención se



centra con frecuencia en optimizar las características de los espermatozoides para la fertilización, los factores ambientales y su impacto en la función de los espermatozoides son igualmente importantes, especialmente en los efectos en los ecosistemas acuáticos y en el cambio climático que se están presentando estos últimos años.

2.2.10. Conservación y Reproducción de Orestias

La conservación y reproducción del genero *Orestias*, es muy necesaria para mantener la biodiversidad y la salud de los ecosistemas en donde se encuentra. Se sabe que están tomando varias medidas para asegurar su supervivencia frente a amenazas como la degradación del hábitat y las especies invasoras (Mignien & Stoll, 2024). Actualmente existen planes para la conservación. Por ejemplo, para la observación de la población se debe realizar evaluaciones regulares de las poblaciones de *Orestias* que ayudan a detectar tendencias y amenazas, lo que permite realizar esfuerzos de conservación selectivos. Para su restauración del hábitat se debe satisfacer las necesidades ecológicas de las *Orestias* y promoviendo su reproducción, de esa forma se logra restaurar los hábitats naturales. Por otro lado, para mejorar la diversidad genética y apoyar la recuperación de la población, se están estudiando métodos como el criobanco de germoplasma y la subrogación de reproductores destacando el crio cultivo puede ser una alternativa para su conservación. Cabe destacar que las especies de *Orestias* son esenciales para la red alimentaria y contribuyen al bienestar de los ecosistemas acuáticos donde habitan. Los habitantes locales que viven dependientes de estos ecosistemas para obtener recursos y medios de sustento se benefician de su conservación. Sin embargo, aunque estos esfuerzos de conservación parecen prometedores, todavía hay obstáculos, especialmente en la



lucha contra las especies invasoras y los efectos del cambio climático, que continúan amenazando el delicado equilibrio de estos ecosistemas.

2.2.11. Indicadores de éxito en la reproducción de Orestias

Las tasas de supervivencia de ovas, el número de crías sobrevivientes, la salud y el crecimiento general de los alevines son indicadores relevantes de reproducción de Orestias. Estas métricas muestran la idoneidad ambiental y la salud reproductiva. Por ejemplo, la tasa de supervivencia alta indica un entorno reproductivo saludable, que es fundamental para la sostenibilidad de la población (Tringali & Lowerre, 2023), o para comprender el crecimiento demográfico a largo plazo, es esencial monitorear el número de crías que llegan a la edad adulta, este concepto engloba el número de crías sobrevivientes (Khaled et al.2022). Por otro lado, los alevines sanos indican condiciones de reproducción y calidad ambiental ideales, para prevenir la consanguinidad es fundamental monitorear la diversidad genética y la capacidad reproductiva (Mayer & Pšenička, 2024). Sin embargo, las variaciones causadas por factores ambientales pueden dificultar las evaluaciones y requerir métodos de seguimiento y manejo adaptativos. En contexto, una base científica sólida para la toma de decisiones y la adaptación de estrategias en el futuro, brinda a estas especies endémicas dulceacuícolas la oportunidad de sobrevivir en la naturaleza. (Amaru y Yujra, 2023).

CAPÍTULO III

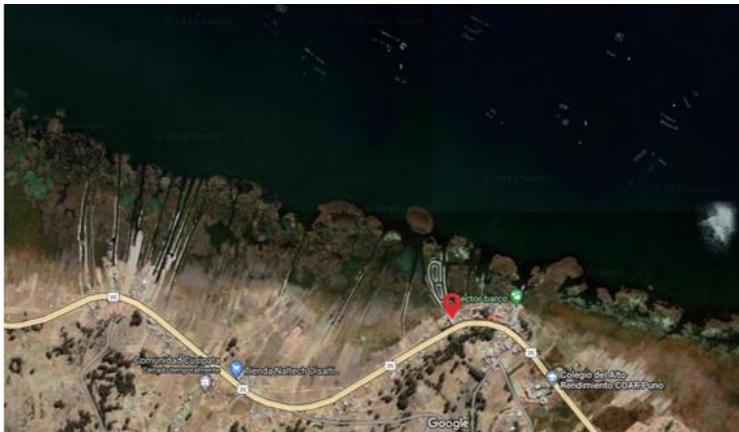
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

La presente investigación se dio lugar en el CIPBS – CHUCUITO de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en la Sede del sector Barco del distrito de Chucuito provincia de Puno en las siguientes coordenadas: -15.883469, -69.895403. Este centro, brinda las condiciones adecuadas para realizar investigaciones. La ubicación estratégica en el distrito de Chucuito permite la interrelación con los pescadores y con el lugar de estudio.

Figura 3

Ubicación del centro de investigación



Fuente: (<https://goo.gl/maps/oXNxDxgtXwV8Yngh9>)

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es de tipo descriptivo y experimental, enfocados al análisis de la calidad espermática. En el cual se centrará en dos especies: CARACHI AMARILLO (*Orestias luteus*) y CARACHI GRIS (*Orestias agassi*). El estudio descriptivo implicará la observación y registro de las características y parámetros de calidad espermática. Así



mismo, el estudio experimental, evaluara y comparara aspectos fisiológicos y morfológicos. Incluyendo análisis de viabilidad, motilidad y concentración espermática.

3.3. POBLACIÓN

El objeto de estudio son las especies de CARACHI AMARILLO (*Orestias luteus*) y CARACHI GRIS (*Orestias agassi*) que habitan en nuestro lago Titicaca, los individuos utilizados en este estudio fueron los que habitan cerca a los totorales debido a que se encontraban en una temporada de reproducción. Se optó por estas dos especies para hacer una comparación entre ambas permitiendo un análisis específico de las características biológicas y reproductivas en cada especie

La selección de los ejemplares fue de acuerdo a las tallas mínimas de pesca de acuerdo a la normativa. Permitiendo la homogeneidad de los datos, garantizando en lo posible que los resultados sean lo más precisos y representativos. Además, se adoptarán medidas para salvaguardar la salud de los peces durante el estudio, de acuerdo a las prácticas y normativas éticas en la investigación con animales.

3.4. MUESTRA

El método de muestreo fue un muestreo por conveniencia, seleccionada debido a su eficacia y practicidad en el contexto de la investigación. Ya que se necesitaba conseguir como objeto de estudio ejemplares en temporada de reproducción, siendo crucial para el estudio de la calidad seminal. Los reproductores fueron obtenidos mediante captura realizado por pescadores del muelle Barco del distrito de Chucuito. La muestra fue un total de 50 reproductores machos, seleccionados y adquiridos de la captura de los pescadores. Esta muestra fue dividida en dos grupos de 25 ejemplares cada uno, correspondiendo a CARACHI AMARILLO (*Orestias luteus*) y CARACHI GRIS (*Orestias agassi*).



3.5. METODOLOGÍA

3.5.1. Recolección y selección de reproductores

La obtención de reproductores de Orestias se realiza por acopio de pescadores de la zona circundante.

Para un trabajo óptimo, se considera los siguientes aspectos:

- Estado del ejemplar: vivo, con aleteo, resien capturado, en buenas condiciones de salud, sin presentar síntomas de enfermedades u otras alteraciones.
- Los reproductores deberán estar constituido por machos y hembras en los estadios V y VI, considerando los aspectos genotípicos y fenotípicos óptimos para la reproducción (CIDAB, 2002)
- Es fundamental que los equipos y materiales utilizados estén desinfectados con hipoclorito (cloro) al 5% y un posterior enjuague de agua para eliminar residuos de hipoclorito.
- El personal encargado a realizar los trabajos de reproducción artificial, conozca los procedimientos del trabajo.

3.5.2. Desove

La obtención de huevos se realizo mediante la presión ventral de la hembra expulsando sus ovocitos.

La obtención de semen se realizó mediante la extirpación de la gónada masculina y la molienda del testículo en un mortero.

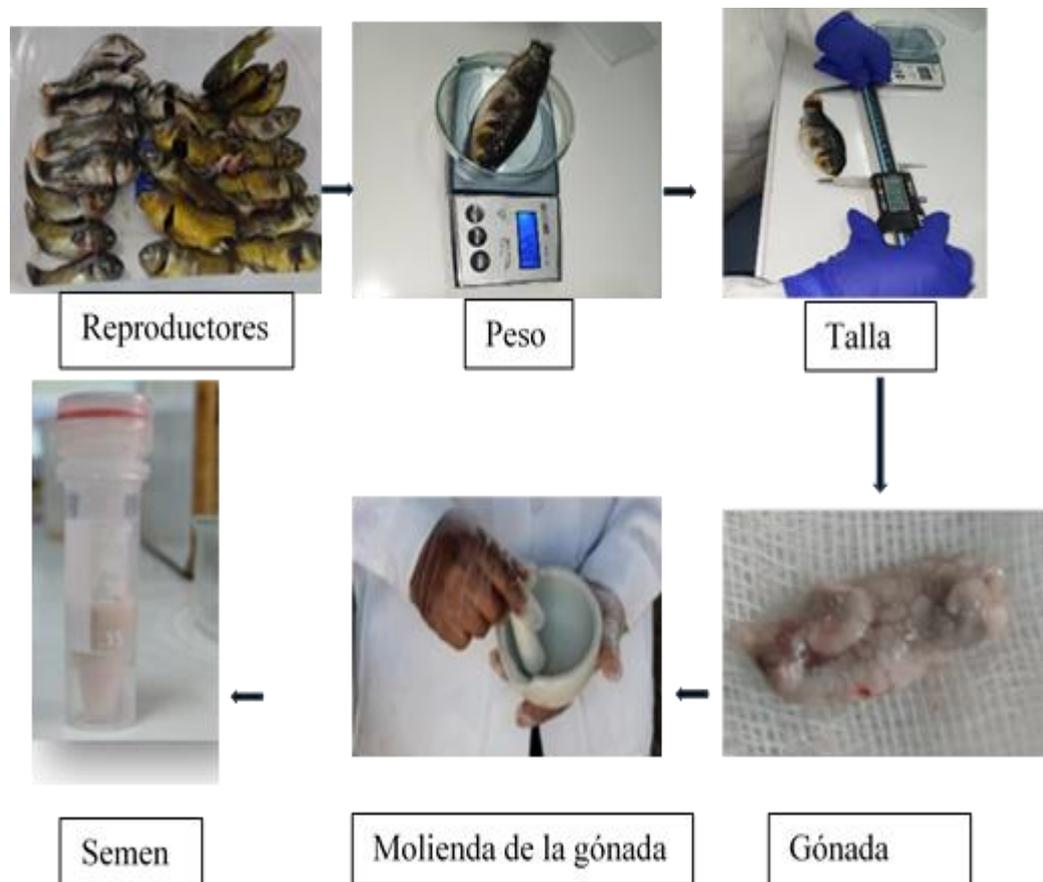
3.5.3. Análisis microscópico

a. Volumen

Se recolecto el líquido seminal con ayuda de una jeringa graduada de 1ml y registrando el volumen obtenido (Lanes et al., 2010). La muestra de líquido seminal fue extraída con una micropipeta milimétrica para observar el volumen de semen.

Figura 4

Obtención de líquido seminal



b. Evaluación del grado de motilidad espermática.

El grado de motilidad se evaluó 10 μ L de semen (D1), con 90 μ L de agua de con sal al 5 %. La motilidad se evaluó utilizando una cámara de Neubauer bajo un microscopio óptico (magnificación: 40X) a los 0, 1, 2, 3 y 4 minutos (min) post-

activación. La motilidad se estimó utilizando una escala arbitraria, que va desde 0 a 5, donde 0 representa ninguna motilidad; 1, 1 - 25%; 2, 26 - 50%; 3, 51 - 75%; 4, 76 - 90% y 5, 91 - 100% de espermatozoides móviles (Borges et al., 2005) y (Lanes et al., 2010).

Tabla 1

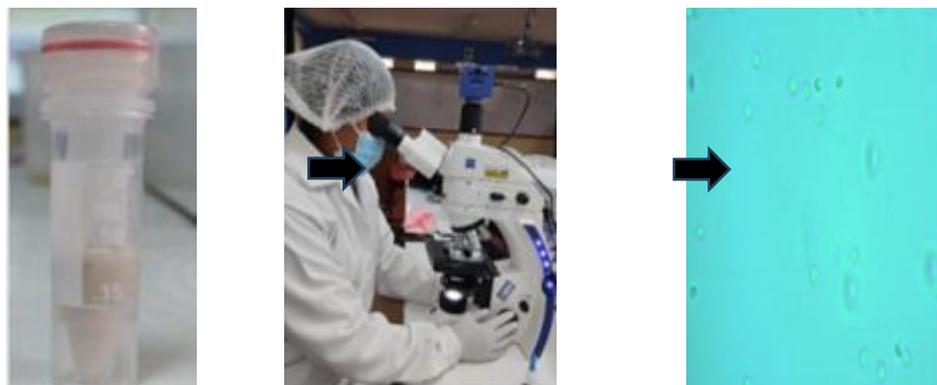
Escala para la evaluación de motilidad espermática

Grado	Características de motilidad
5	La mayoría de los espermatozoides muestran movimiento rápido, es imposible seguir la trayectoria de cualquier espermatozoide
4	Muchos espermatozoides se mueven rápidamente mientras que algunos se mueven lentamente.
3	Tres clases de espermatozoides pueden ser encontrados en números equivalentes: espermatozoides con movimiento rápido, espermatozoides con movimiento lento o vibratorio y aquellos que permanecen inmóviles
2	Muchos espermatozoides tienen vibraciones o están inmóviles, mientras que algunos presentan movimiento hacia adelante
1	Muchos espermatozoides son inmóviles y algunos presentan vibración lateral
0	Todos los espermatozoides están inmóviles

Fuente: Sanchez-Rodriguez, 1977 citado por Mayra Lisbeth Peñaloza Camargo

Figura 5

Observación en el microscopio del movimiento espermático



c. Evaluación de la concentración de espermatozoides

La concentración espermática es otro factor importante en su calidad, pues durante la toma de muestras se observó con frecuencia que algunos reproductores manifiestan abundante fluidez seminal, muy posiblemente tengan densidad baja de espermatozoides (Rurangwa et al., 2004), mientras que, en caso contrario, el semen con densidad alta, mantiene mayor número de células espermáticas por mililitro de muestra en el laboratorio (Arias, 2001). Para lo cual se hizo un recuento de espermatozoides en la cámara de Neubauer con una muestra de líquido seminal.

Figura 6

Conteo de espermatozoides

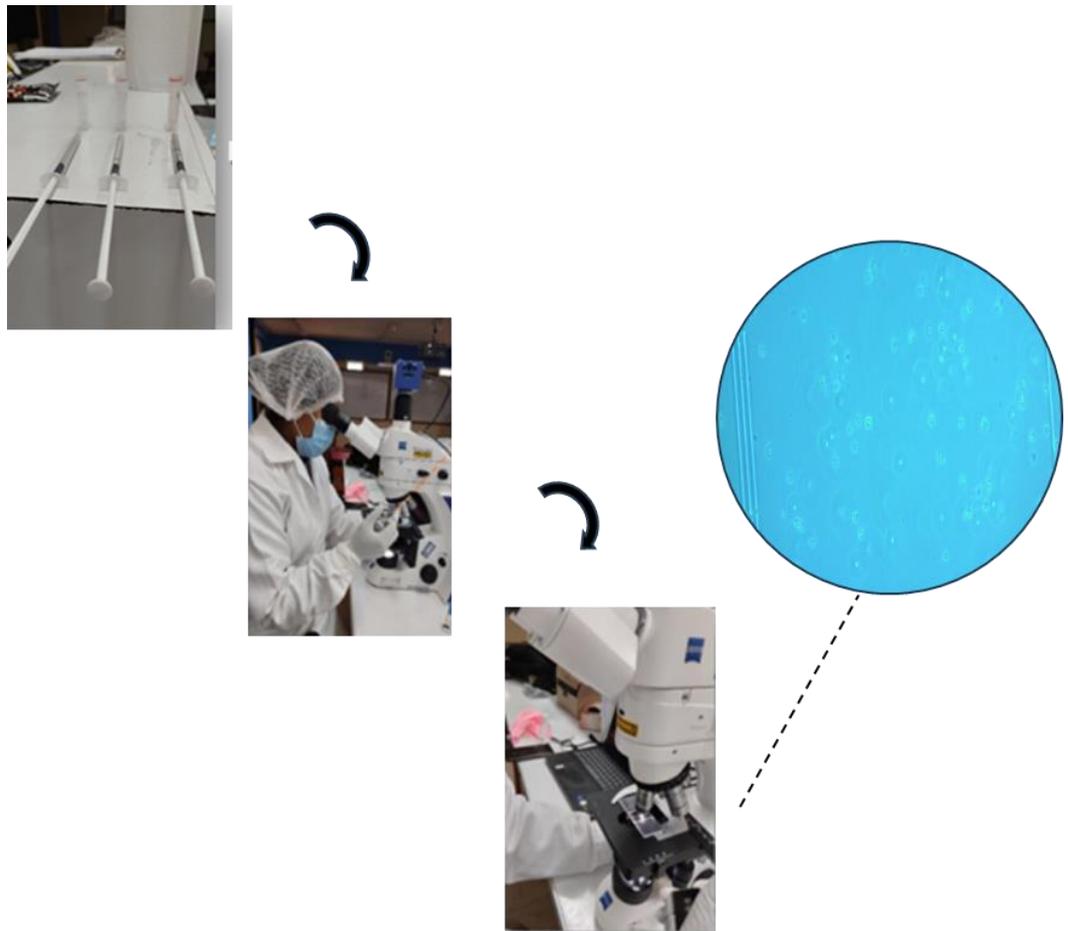
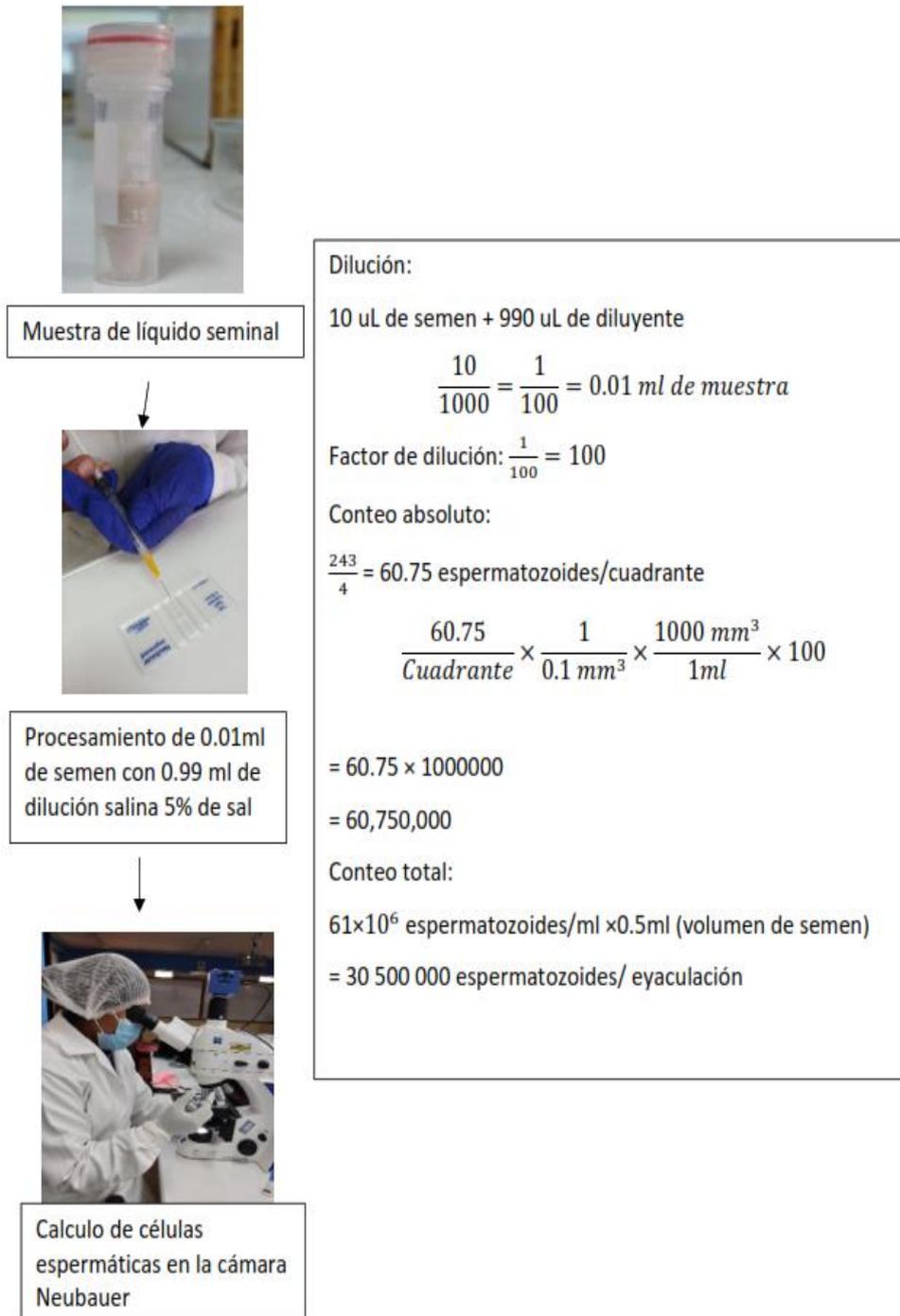


Figura 7

Método de Neubauer para el conteo de espermatozoides por reproductor





d. Viabilidad espermática

Finalmente, se realizó una fecundación artificial, teniendo en cuenta los análisis previamente realizados. Este estudio permitió evaluar la efectividad reproductiva en condiciones controladas, así mismo, proporciono información valiosa de la calidad espermática y el éxito de la fecundación de los reproductores.

$$\% F = \frac{TOF}{TO} \times 100$$

%F : Porcentaje de fecundación

TOF: Total de ovas fecundadas

TO : Total de ovas empleadas para la fecundación

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

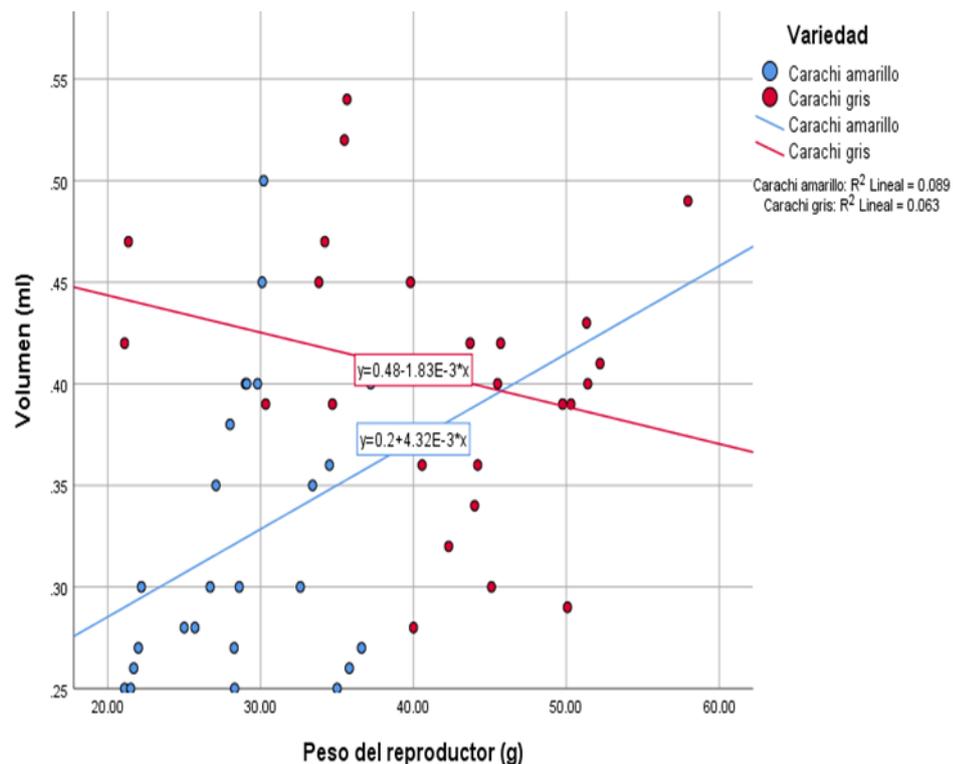
4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis del volumen seminal por reproductor Carachi Amarillo

(*Orestias luteus*) y Carachi Gris (*Orestias agassi*)

Figura 8

Análisis de relación entre el peso del reproductor (gr) y el volumen espermático (ml) por reproductor de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi griss (*Orestias agassi*)



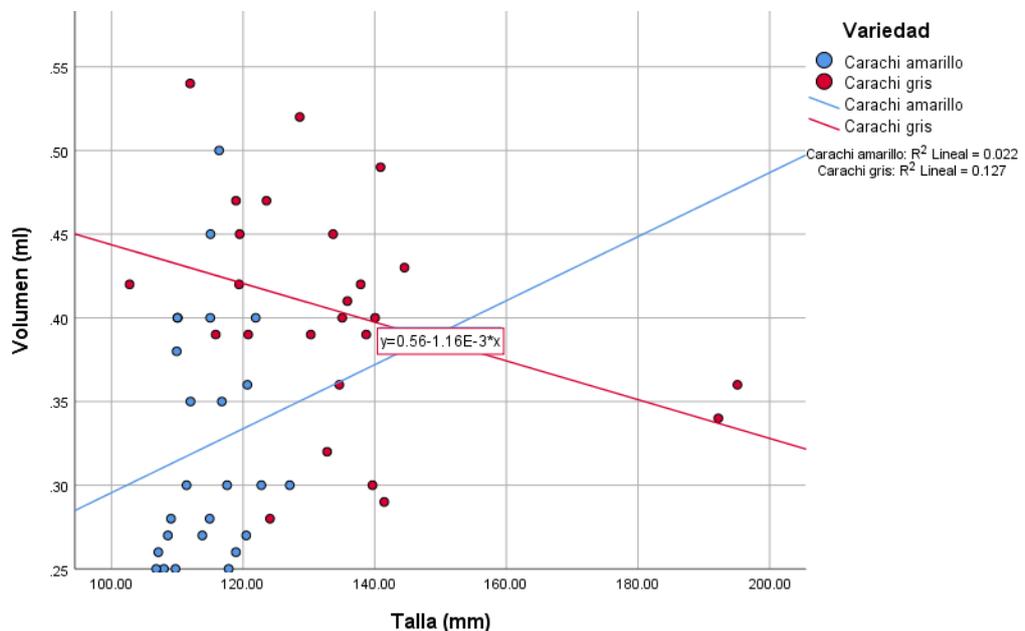
La figura 8 presenta el análisis de relación entre el peso del reproductor (g) y el volumen espermático (ml) por reproductor Carachi Amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi Gris (*Orestias agassi*). Dichos resultados muestran una relación positiva para carachi amarillo con un coeficiente de correlación de 0.299 (ver tabla

3) siendo poco significativo, por otro lado, para Carachi gris presenta una $r = -0.251$ siendo una relación negativa no significativa.

Por lo tanto, podemos afirmar que para las muestras analizadas de carachi amarillo el peso (gr) y el volumen espermático (ml) tiene una ligera relación respecto, podemos afirmar que el peso del individuo tiene una ligera significancia en el volumen espermático al momento de realizar la reproducción artificial de esta especie. Por otro lado, la relación de peso (gr) y el volumen espermático (ml) en carachi gris, indica una relación negativa, podemos afirmar que los individuos de menor peso presentaran un mayor volumen de semen.

Figura 9

Relación entre la talla (mm) y el volumen seminal (ml) por reproductor Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*)



La figura 9, presenta la relación entre la talla (mm) y el volumen seminal (ml) por reproductor Carachi Amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi Gris (*Orestias agassi*). Presentando un coeficiente de correlación de 0.148 para carachi amarillo (ver tabla 3) siendo esta ligeramente significativa, en cuanto a carachi gris resulta un $r = -0.356$ siendo una relación inversa poco significativa.

Los resultados obtenidos se comparan con investigaciones anteriormente realizadas en otras especies acuáticas, en las cuales se distingue la significancia de la talla (mm) y el peso (gr) en la evaluación de la calidad espermática. Rodríguez (1992), enfatiza la importancia de evaluar la maduración de las gónadas de los reproductores, debido a que este factor puede impactar en las tasas de fecundación.

Guerrero-Quiroz et al. (2008), mencionan un mayor volumen y concentración espermática para los machos XY de *Oreochromis spp*, con tallas y pesos mayores.

Tabla 2

Análisis de correlación entre peso (gr) y talla (mm) respecto al volumen seminal (ml) de Carachi amarillo (Orestias luteus) y Carachi gris (Orestias agassi)

		Peso del reproductor (gr)	Talla (mm)	Volumen (ml)
Volumen (ml) <i>Orestias luteus</i>	Correlación de Pearson	0.299	0.148	1
	Sig. (bilateral)	0.147	0.479	
	N	25	25	25
Volumen (ml) <i>Orestias agassi</i>	Correlación de Pearson	-0.251	-0.356	1
	Sig. (bilateral)	0.227	0.080	
	N	25	25	25

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).



La tabla 2, presenta las correlaciones entre el peso (gr) y la talla (mm) respecto al volumen seminal de Carachi Amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi Gris (*Orestias agassi*), mostrando correlaciones ligeramente significativas para carachi amarillo y una correlación inversa no significativas ($p < \alpha$) para carachi gris. Es decir, que el peso y la talla tiene una poca influencia en la cantidad de volumen espermático en los reproductores de carachi amarillo, sin embargo, el peso y talla no tiene influencia en el volumen espermático producido por reproductor de carachi gris, ya que se encontraron ejemplares de menor tamaño y peso con una mayor producción de semen a comparación de ejemplares más grandes de la misma especie.

En relación con el volumen seminal se observa un poco significancia con el peso (gr) y la talla (mm) de los reproductores, tanto para Carachi Amarillo (*Orestias luteus*) el coeficiente de correlacion de Pearson fue de 0,29 en relación al peso y 0,15 para su talla, así mismo, para Carachi Gris (*Orestias agassi*), el coeficientes de correlación de Pearson fue de -0,25 para el peso y -0,35 para la talla, quiere decir que el peso (gr) y la talla (mm) de los reproductores no tiene una influencia estadísticamente significativa con el volumen seminal. Podemos deducir que, en Carachi Amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi Gris (*Orestias agassi*), el volumen seminal no está relacionado con el peso (gr) y la talla (mm) corporal de los reproductores, al menos en los reproductores analizadas.

Por otro lado, la evaluación de Montes (2012), sobre el volumen espermático en Lengüado *Paralichthys Adspersus* (Steindachner, 1867), mostró que no existe correlación significativa entre el volumen seminal y el peso del reproductor ($r=0.5461$, $p > 0.05$), sin embargo, Peñaloza (2009) en su tesis sobre el pez blanco de Patzcuaro (*Menidia estor*), encontró un coeficiente de Pearson

relativamente bajo de 0.53. Esto sugiere que, en alguna medida, el volumen seminal producido por los individuos de *Menidia estor* está influenciado por el peso total del individuo.

Tabla 3

Datos estadísticos descriptivos del volumen seminal para Carachi amarillo (Orestias luteus) y Carachi gris (Orestias agassi)

	Especie	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio
Volumen seminal (ml)	Carachi amarillo	25	0.3232	0.07093	0.01419
	Carachi gris	25	0.4040	0.06733	0.01347

La tabla 3, presenta los datos estadísticos descriptivos para Carachi Amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi Gris (*Orestias agassi*), resultando para *Orestias agassi* un mayor promedio de 0.4040 ± 0.067 ml de volumen seminal, en cuanto a *Orestias luteus* presenta una media de volumen espermático de 0.3232 ± 0.071 ml. Podemos deducir de las anteriores afirmaciones que la especie de carachi gris a comparación del carachi amarillo presenta un mayor volumen de semen, esta interpretación es muy útil a considerar en la relación de macho: hembra para reproducciones futuras.

La tabla 4, revela el test de homogeneidad de varianzas donde el valor de probabilidad vinculado al estadístico F, $p\text{-valor} = 0.4 > 0.05$. Por consiguiente, se admite la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas.

En refuerzo a ello, durante la maduración final de peces planos los machos, se observan problemas en la producción de semen, lo que resulta en una reducción en su cantidad o calidad (Zohar y Mylonas, 2001).

Tabla 4

Prueba t-Student de medias para muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas						prueba t para la igualdad de medias	
		F	Sig.	t	gl	Sig.	Dif. de medias	Dif. de error estándar	
Volumen Se (ml)	Se asumen varianzas iguales	0.72	0.40	-4.131	48	0.00	-0.08	0.0195	
	No se asumen varianzas iguales			-4.131	47.8	0.00	-0.08	0.0195	

Así mismo, el test t de igualdad de medias, conociendo que existe varianzas iguales, el valor de probabilidad relacionado al estadístico t tienen un p-valor = 0.000 < 0.05, en tal sentido, se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis alterna de diferencia de medias, por su alta significancia. Por lo tanto, los promedios de volumen seminal son diferentes en ambas especies.

Por otro lado, lo estudiado en Salmon del atlántico, por Aas et al. (1991), indica que la eyaculación continua de los reproductores disminuye el volumen espermático producido, aparte de variar la tasa de fertilización y la densidad espermática durante la época de reproducción.

4.1.1.1. Análisis del volumen seminal en Carachi amarillo

Tabla 5

Datos estadísticos descriptivos de peso (gr) y volumen seminal (ml) de Carachi amarillo (Orestias luteus)

	Media	Desviación estándar	N
Peso (gr)	28,7776	4,90370	25
Volumen seminal (ml)	0,3232	0,07093	25

La tabla 5, presenta la media de peso de los reproductores de carachi amarillo analizados con $28,7776 \pm 4,90$ gr. La media de volumen seminal para carachi amarillo es de $0,3232 \pm 0,71$ ml, mililitros.

Tabla 6

Análisis de correlación de Pearson entre el peso (gr) y el volumen seminal (ml) de Carachi amarillo (Orestias luteus)

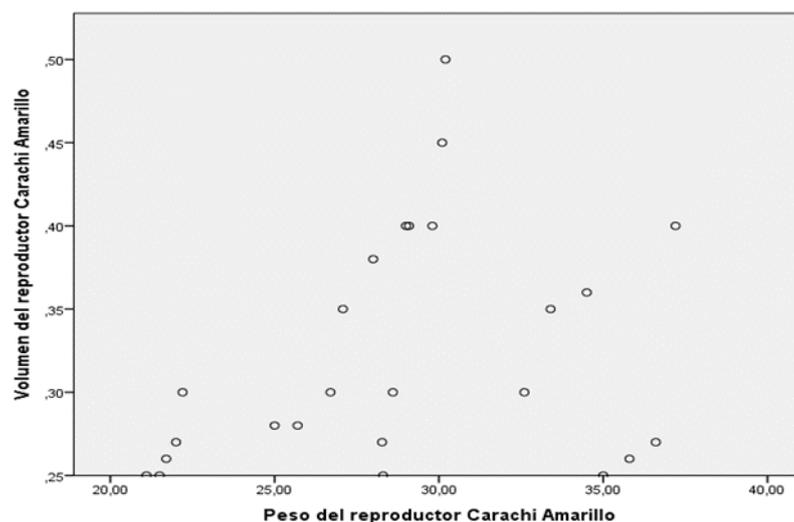
		Peso (gr)	Volumen seminal (ml)
Peso (gr)	Correlación de Pearson	1	0,299
	Sig. (unilateral)		0,074
	N	25	25
Volumen seminal (ml)	Correlación de Pearson	0,299	1
	Sig. (unilateral)	0,074	
	N	25	25

La tabla 6, presenta el coeficiente de correlación de Pearson entre el peso y el volumen de carachi amarillo de 0,299. Esta relación es positiva, pero débil. En otras palabras, los reproductores de carachi amarillo tienden a producir un alto volumen seminal hasta una talla determinada.

La significación estadística, valor $p = 0,074$, es mínimamente superior a 0,05 demostrando que la relación entre el peso (gr) y el volumen seminal es poco significativa. En algunos casos se podría interpretar que los reproductores de mayor peso y talla suelen ser más maduros por ende su sistema reproductor tiene que ser más desarrollado en consecuencia produciría mayor volumen seminal. Sin embargo, hay un aspecto como la edad que puede refutar lo anteriormente mencionado porque una mayor talla y peso refleja en los reproductores una mayor edad influyendo significativamente en la reproducción de la especie. Por lo tanto, se debe considerar la edad del reproductor.

Figura 10

*Análisis de dispersión de peso (gr) y volumen seminal (ml) para Carachi amarillo (*Orestias luteus*)*





La figura 10, indica que, los reproductores de 30 gr. producen un mayor volumen de semen a comparación de los ejemplares de 20 gr, 25 gr, 35 gr, y 40 gr. Entonces podemos afirmar que los ejemplares de *Orestias luteus* con un peso de 30 gr producen entre 0.45 ml y 0.50 ml de volumen seminal. En caso de los reproductores con un peso de 25 gr tienden a producir entre 27 ml – 35 ml de semen, los reproductores de 20 gr tienden a producir entre 0.25ml – 0.30 ml de semen, estos reproductores de menor peso pueden tener problemas de fertilidad al no alcanzar a fertilizar todos los huevos. En caso de los reproductores entre 37gr - 40 gr de peso producen un volumen de semen de 0.40 ml, esto nos indica que los ejemplares con un peso mayor a la media producen una cantidad de volumen seminal inferior a la media.

Tabla 7

Datos estadísticos descriptivos entre la talla y el volumen seminal de Carachi amarillo (Orestias luteus)

	Media	Desviación estándar	N
Volumen seminal (ml)	0,3232	0,07093	25
Talla (mm)	114,46	5,501	25

La tabla 7, señala que, los ejemplares de *Orestias luteus* tienen una talla media de $114.46 \pm 5,5$ mm y un volumen seminal medio de $0.32 \pm 0,71$ ml.

Tabla 8

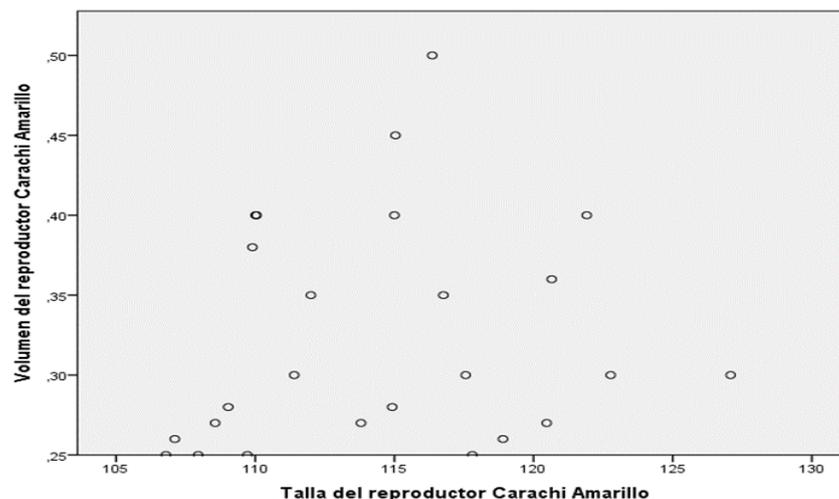
Análisis de Correlación de Pearson entre el volumen seminal (ml) y talla (mm) de Carachi amarillo (Orestias luteus)

		Volumen seminal (ml)	Talla (mm)
Volumen seminal (ml)	Correlación de Pearson	1	0,148
	Sig. (unilateral)		0,240
	N	25	25
Talla (mm)	Correlación de Pearson	0,148	1
	Sig. (unilateral)	0,240	
	N	25	25

La tabla 8, nos indica, que el valor $r = 0,148$. Ello indica que existe una conexión positiva pero débil entre el volumen seminal (ml) y la talla (mm) de (*Orestias luteus*). Esto nos indica que, para asegurar la fertilidad, es indispensable manejar la talla de los reproductores para obtener un volumen seminal adecuado.

Figura 11

Análisis de dispersión del volumen seminal (ml) y talla (mm) de Carachi amarillo (Orestias luteus)



La figura 11, muestra que, los reproductores de 116mm de talla presentan la mayor cantidad de volumen seminal 0.50 ml, por otro lado los reproductores entre 110 mm – 115mm presentan entre 0.27 ml a 0.45 ml de volumen seminal, los reproductores de talla entre 105 mm - 110 mm presentan entre 0.25 ml - 0.40 ml de volumen seminal, los reproductores entre 120 mm – 125 mm de talla presentan entre 0.26 ml – 0.40ml de volumen seminal, y los reproductores entre 125 mm – 130 mm de talla presentan 0.30 ml de volumen seminal. Estos datos nos indican que a una mayor talla (127mm) no se producirá mayor volumen de semen, por el contrario, la talla media de 117 mm presenta una mayor producción de semen 0.50 ml.

La alta dispersión entre los puntos señala una relación no muy fuerte entre la talla (mm) y el volumen seminal (ml) de Carachi amarillo (*Orestias luteus*).

4.1.1.2. Análisis del volumen seminal de Carachi gris

Tabla 9

Datos estadísticos descriptivos de Peso (gr) y Volumen seminal (ml) de Carachi gris (Orestias agassi)

	Media	Desviación estándar	N
Peso (gr)	41,6188	9,23276	25
Volumen seminal (ml)	0,4040	0,06733	25

La tabla 9, presenta, el peso de Carachi gris (*Orestias agassi*) con una media de $41,62 \pm 9,233$ gr. Por otro lado, un volumen seminal con una



media de $0,404 \pm 0,067$. Indicando que no existe mucha variabilidad en el volumen seminal entre los ejemplares muestreados.

Tabla 10

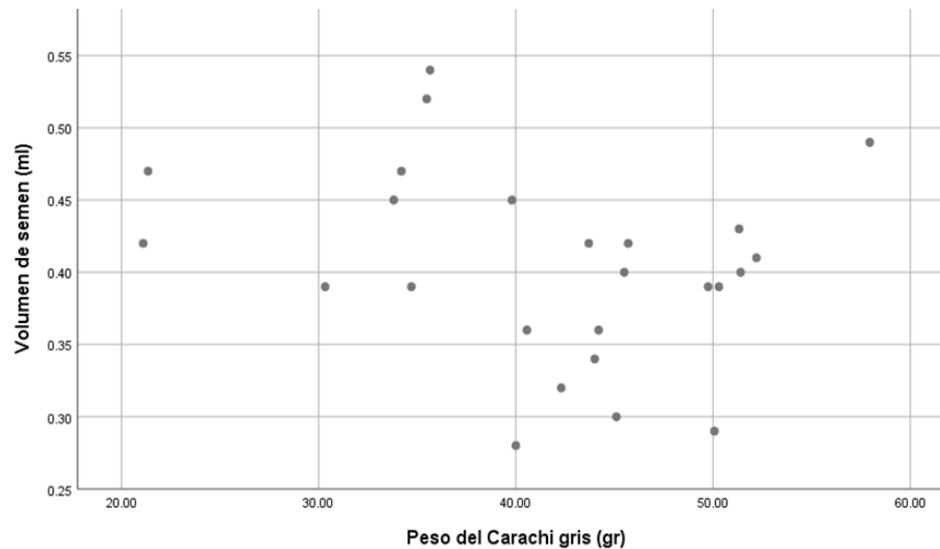
Análisis de correlación de Pearson entre el peso (gr) y volumen seminal (ml) de Carachi gris (Orestias agasi)

		Peso (gr)	Volumen (ml)
Peso (gr)	Correlación de Pearson	1	-0,251
	Sig. (unilateral)		0,113
	N	25	25
Volumen seminal (ml)	Correlación de Pearson	-0,251	1
	Sig. (unilateral)	0,113	
	N	25	25

La tabla 10, muestra, un valor $r = -0,251$ entre el peso (gr) y el volumen seminal (ml), indicando una relación negativa. Esto significa que a medida que el peso del carachi gris aumenta su volumen de semen tiende a disminuir ligeramente, a comparación de los ejemplares de menor peso que presentan ligeramente un mayor volumen seminal, aunque la relación no es fuerte. La significancia (Sig.) unilateral = 0,113 sugiere que la relación no es estadísticamente significativa, lo que podría ser debido al azar en esta muestra.

Figura 12

Análisis de dispersión entre el peso (gr) y el volumen (ml) de Carachi gris (Orestias agassi)



La figura 12, muestra, en el eje X el peso (gr) de Carachi gris (*Orestias agassi*), que varía aproximadamente entre 20 y 60 gramos, y el eje Y que presenta el volumen seminal, variando entre 0.25 y 0.55 ml. La dispersión de los datos no sigue un patrón lineal, lo que es relativo con una correlación negativa ligeramente. Esta dispersión no presenta una tendencia ascendente o descendente, esto sugiere que no hay una fuerte relación lineal entre las variables.

En la figura 12 podemos interpretar lo siguiente, los reproductores con peso entre 30 gr y 40 gr presentan la mayor cantidad de volumen de semen entre 0.50 ml y 0.55 ml, por otro lado, los reproductores que pesan entre 20 gr y 30 gr producen entre 0.40 ml y 0.50 ml de volumen seminal, los reproductores de 40 gr y 50 gr producen entre 0.27 ml y 0.45 ml de volumen seminal, por último, los reproductores entre 50 gr y 60 gr

producen entre 0.28 ml y 0.50 ml de volumen seminal. De lo anterior podemos afirmar que el peso ideal para una mayor producción de volumen seminal es entre los 30 gr y 40 gr de los reproductores machos.

Tabla 11

Datos descriptivos del volumen seminal (ml) y talla (mm) de Carachi gris (Orestias agassi)

	Media	Desviación estándar	N
Volumen seminal (ml)	0,4040	0,06733	25
Talla (mm)	134,3156	20,73121	25

La tabla 11, presenta, la media de volumen seminal de $0,404 \pm 0,067$ gr. Por otro lado, la talla de *Orestias agassi* tiene una media de aproximadamente $134,32 \pm 20,73$ mm. Esto indica que la talla promedio de *Orestias agassi* es de 134,32 mm con una variabilidad alta, como lo señala la desviación estándar.

Tabla 12

Análisis de correlación de Pearson entre Talla (mm) y Volumen seminal (ml) de Carachi gris (Orestias agassi)

		Volumen seminal (ml)	Talla (mm)
Volumen seminal (ml)	Correlación de Pearson	1	-0,356*
	Sig. (unilateral)		0,040
	N	25	25
Talla (mm)	Correlación de Pearson	-0,356*	1
	Sig. (unilateral)	0,040	
	N	25	25

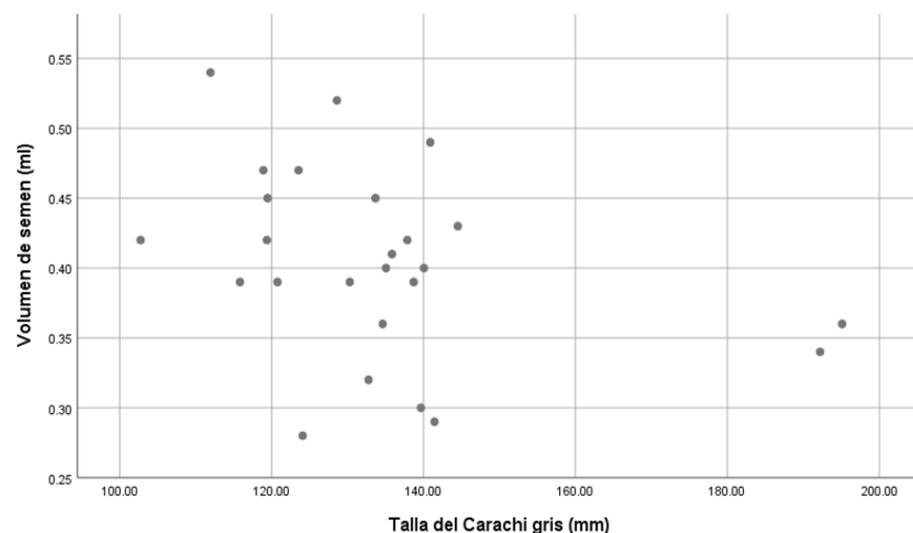
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (unilateral).

La tabla 12, presenta, el valor $r = -0,356$ entre el volumen seminal (ml) y la talla (mm) de Carachi gris (*Orestias agassi*) y se presenta con un asterisco indicando que la correlación es significativa de manera negativa a un nivel de confianza del 0,05 (unilateral). Esto significa que a una mayor talla el volumen de semen producido será menor, la mayor cantidad de volumen de semen producido se encuentra en tallas menores.

La significancia estadística (Sig.) de 0,040 respalda la idea de que esta correlación es real entre estas dos variables en la población que representa la muestra.

Figura 13

Análisis de dispersión entre Talla (mm) y Volumen seminal (ml) de Carachi gris (Orestias agassi)



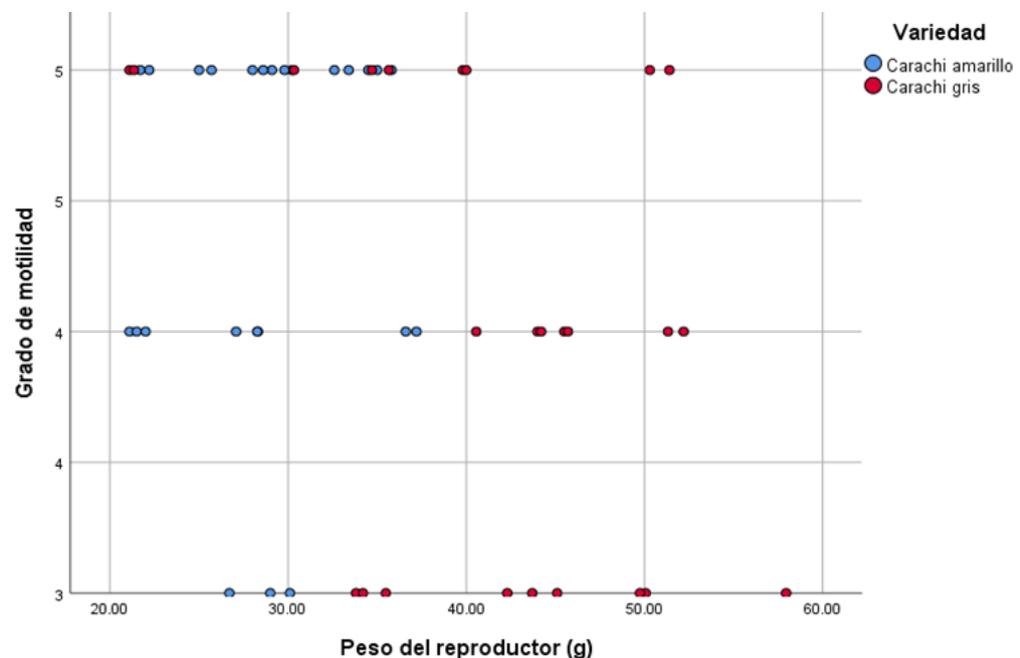
La figura 13, muestra, que el volumen seminal de un ejemplar de *Orestias agassi* con talla entre 100 mm y 120 mm es de aproximadamente entre 0.42 ml y 0.47 ml. El volumen seminal de *Orestias agassi* con talla entre 120 mm y 140 mm es aproximadamente entre 0.28 ml y 0.52 ml. El

volumen seminal de *Orestias agassi* con talla 140 mm es de aproximadamente entre 0.29ml y 0.49 ml. El volumen seminal de *Orestias agassi* con talla entre 180 mm y 200 mm es de aproximadamente 0.35 ml. Esta relación es importante para estimar el volumen seminal de *Orestias agassi* en relación a su talla. Resaltando que la talla adecuada 112 mm aproximadamente presentan una mayor producción de volumen seminal 0.54 ml.

4.1.2. Determinación del grado de motilidad espermática de carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*)

Figura 14

Análisis de dispersión de del Grado de motilidad y peso (gr) de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*)



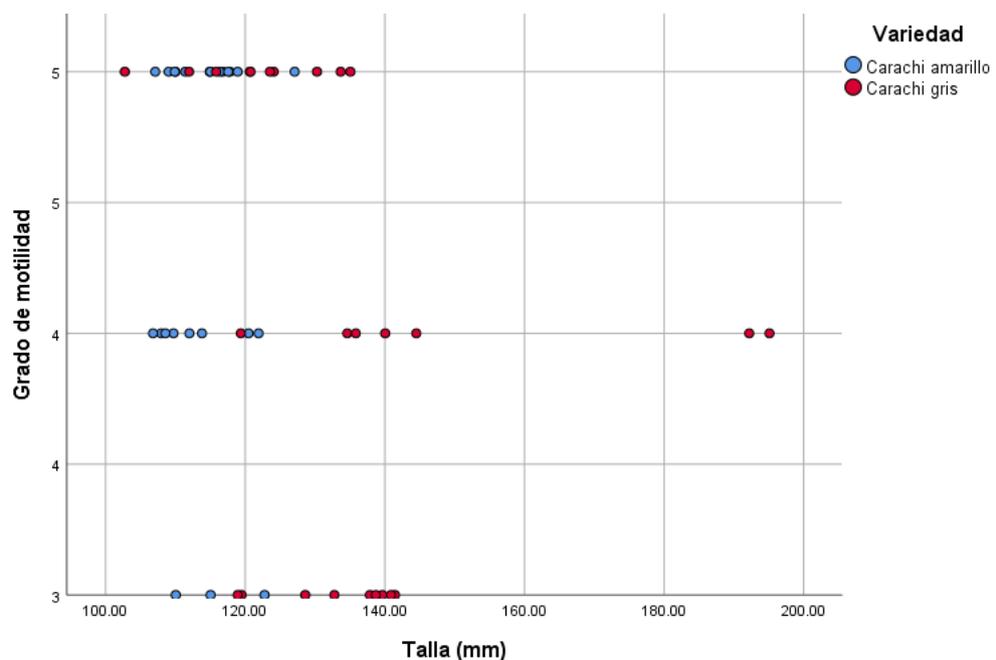
La figura 14, muestra, la conexión entre el índice de motilidad de espermatozoide y el peso (gr) de carachi amarillo (*Orestias luteus*) y carachi gris

(*Orestias agassi*). Esta relación para carachi amarillo tiene un coeficiente rho = 0.152 (ver tabla 14) siendo no significativa ($p < \alpha$) y para carachi gris la relación es negativa con un rho = -0.248 siendo del mismo modo no significativa.

La figura 14 presenta que la variedad “carachi amarillo” presentan menor peso a comparación de carachi gris, por otro lado, el grado de motilidad los reproductores de *Orestias luteus* presentan una mayor proporción de ejemplares con grado de motilidad entre 4 y 5, y observando solo 3 reproductores con un grado de motilidad 3. Por otro lado, los reproductores de carachi gris presentan una distribución equitativa entre los 3 grados de motilidad y los 25 reproductores analizados, cabe resaltar que los 3 grados de motilidad observados son adecuados para una reproducción artificial, siendo el grado 5 con una mayor efectividad.

Figura 15

*Análisis de dispersión del Grado de motilidad y talla (mm) de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*)*



La figura 15, indica que, los ejemplares de carachi gris que presenta una talla de 140 mm tienen un grado de motilidad de 3, por otro lado los reproductores en ambas especies con tallas entre 110mm – 140mm presentan un grado de motilidad de 5.

Para carachi amarillo, el coeficiente Rho = 0.090, siendo no significativa ($p < \alpha$) y para carachi gris el coeficiente rho = -0.392 siendo también no significativa y negativa.

Tabla 13

Análisis de correlación Rho de Spearman de Peso (gr) y Talla (mm) con el grado de motilidad por especie

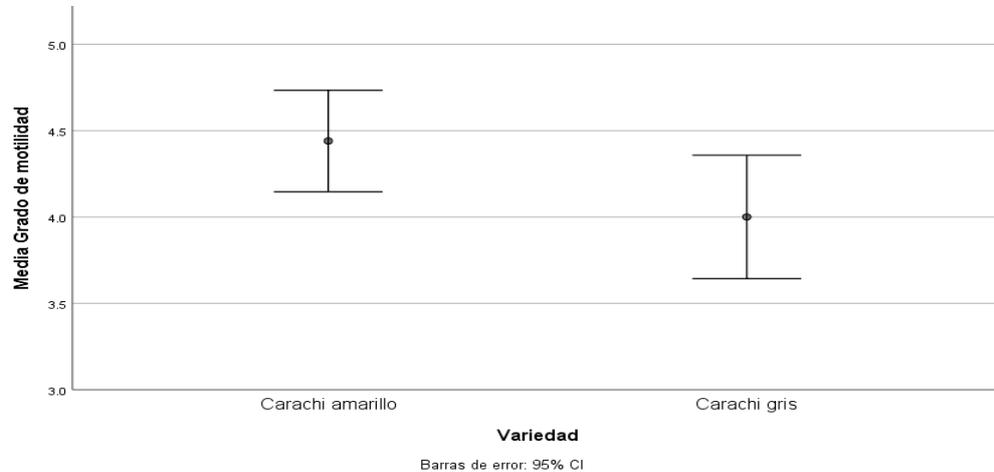
		Peso (gr)	Talla (mm)	Grado de motilidad
Grado de motilidad Carachi amarillo	Coeficiente de correlación	0.152	0.090	1.000
	Sig. (bilateral)	0.468	0.667	.
	N	25	25	25
Grado de motilidad Carachi gris	Coeficiente de correlación	-0.248	-0.392	1.000
	Sig. (bilateral)	0.231	0.052	.
	N	25	25	25

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 13, para carachi amarillo, el coeficiente Rho = 0.090, siendo no significativa ($p < \alpha$) y para carachi gris el coeficiente rho = -0.392 siendo también no significativa y negativa.

Figura 16

Barras de error simple de la Media de Grado de motilidad para Carachi amarillo (Orestias luteus) y Carachi gris (Orestias agassi)



En la figura 16, podemos decir que en *Orestias luteus* se encontró una media de 4.4 grados de motilidad y para carachi gris una media de 4 grados de motilidad, lo que no llega a afirmar que se puede encontrar ejemplares de carachi amarillo que presenten una mayor motilidad.

Una característica a tener en cuenta cuando se evalúa la motilidad (Billard *et al.* 1995a) es que, los espermatozoides típicamente, están inmóviles en el lumen de la red de túbulos seminíferos de los testículos y son activos después de ser diluidos en un medio externo como es el agua del pez sea marino o dulce acuícola (Billard *et al.* 1995b)

Prueba U de Mann-Whitney para datos no paramétricos:

H0: la media del grado de motilidad es igual en *Orestias luteus* y *Orestias agassi*.

Ha: la media del grado de motilidad es diferente en *Orestias luteus* y *Orestias agassi*.

Tabla 14*Prueba U de Mann - Whitney*

	Grado de motilidad
U de Mann-Whitney	224.500
Z	-1.839
Sig. asintótica(bilateral)	0.066
a. Variable de agrupación: Variedad	

En la tabla 14, el valor Z es de $0.066 > 0.05$, por consiguiente, se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, las medias del grado de motilidad son iguales en ambas especies.

Tabares et al. (2005) señala que, gran parte de los peces que desovan en el mar (medio hipertónico), sus células espermáticas presentan periodos de motilidad más prolongados en comparación a especies que desovan en lugares dulceacuícolas (medio hipotónico). Este estudio señala la diferencia de motilidad en ambientes marinos comparados con nuestro estudio que se realizó en medio dulceacuícola. Para otra especie que también habita el lago Titicaca se evidencio, una corta duración de motilidad para pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en el cual se observó una disminución en el índice y tiempo de motilidad de los espermatozoides al ser activados con agua corriente (2 minutos) hasta llegar al índice 2 (Strüssma et al., 1994). Montes (2012), evaluó un periodo de 4 minutos luego de la activación del esperma donde a mayor tiempo post activación en AMFE, hay una disminución de la motilidad espermática desde la clase 3 a la clase 1. Peñaloza (2009), investigo que la salinidad de 25% aumenta por más tiempo los niveles de motilidad que son los adecuados para poder realizar la fertilización con un índice de motilidad de 2 a 5.



4.1.2.1. Determinación del Grado de motilidad espermática de Carachi amarillo (*Orestias luteus*)

Tabla 15

*Datos estadísticos descriptivos del Grado de motilidad por individuo de
Carachi amarillo (*Orestias luteus*)*

N°	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mín	Máx
				Límite inferior	Límite superior		
1	3,25	,500	,250	2,45	4,05	3	4
2	3,25	,500	,250	2,45	4,05	3	4
3	3,00	,000	,000	3,00	3,00	3	3
4	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
5	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
6	3,25	,500	,250	2,45	4,05	3	4
7	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
8	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
9	3,00	,000	,000	3,00	3,00	3	3
10	3,00	,000	,000	3,00	3,00	3	3
11	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
12	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
13	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
14	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
15	3,25	,500	,250	2,45	4,05	3	4
16	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
17	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
18	3,25	,500	,250	2,45	4,05	3	4
19	3,25	,500	,250	2,45	4,05	3	4
20	3,25	,500	,250	2,45	4,05	3	4
21	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
22	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
23	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
24	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
25	5,00	,000	,000	5,00	5,00	5	5
Total	4,27	,930	,093	4,09	4,45	3	5

En la tabla 15, se evidencia una media de la motilidad para carachi amarillo de $4,45 \pm 0,93$. Ello indica que la mayoría de los espermatozoides presentan un grado de motilidad medio, que es aceptable para la fecundación. Pero, existe un 20% de ejemplares con un grado de motilidad de 4 a más, siendo un grado de motilidad alto. Los espermatozoides de estos ejemplares tendrán un mayor porcentaje de fecundación. En síntesis, el grado de motilidad de los espermatozoides de *Orestias luteus* es óptimo para la fecundación.

Tabla 16

*Análisis de Varianza del Grado de motilidad de Carachi amarillo
(Orestias luteus)*

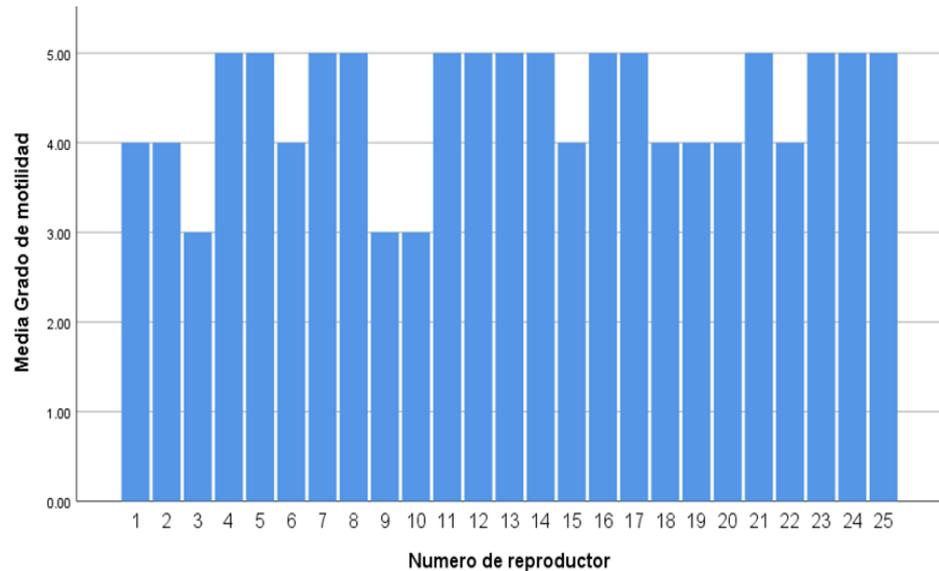
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	80,460	24	3,353	47,893	,000
Dentro de grupos	5,250	75	,070		
Total	85,710	99			

Según la tabla 16, la sig. = 0,000. Esto muestra que existe una diferencia significativa entre los grupos en cuanto al grado de motilidad de carachi amarillo. Es decir que, al menos un grupo tiene un grado de motilidad significativamente diferente a los otros grupos. El valor $F = 47,89$ es alto, esto indicaría una fuerte relación entre las variables

Rana (1995), en cuanto al grado de motilidad indica la complejidad de evaluar la calidad espermática, precisando que los parámetros varían considerablemente entre especies y a nivel individual.

Figura 17

Motilidad por muestra de Carachi amarillo (Orestias luteus)



La figura 17, presenta, la distribución de los reproductores de carachi amarillo según el grado de motilidad. Se observa que, la mayoría de los individuos presenta una motilidad de espermatozoides entre 4 y 5 grados. Esto nos permite afirmar que los reproductores de carachi amarillo analizados tienen un grado de motilidad adecuado para la fertilización de ovas.

Tabla 17

Análisis de frecuencias de reproductores de Carachi amarillo por Grado de motilidad

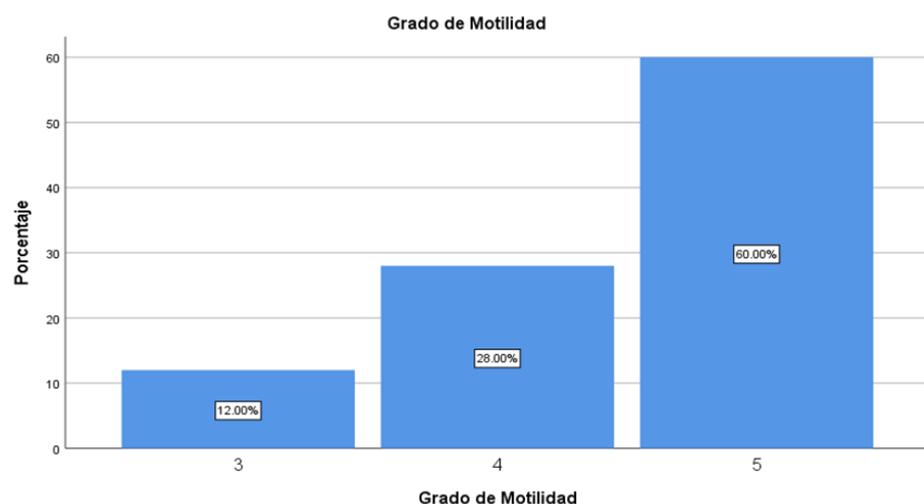
Grado de Motilidad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	3	3	12.0	12.0	12.0
	4	7	28.0	28.0	40.0
	5	15	60.0	60.0	100.0
	Total	25	100.0	100.0	

La tabla 17, nos indica la cantidad de reproductores que presentan los grados de motilidad 3, 4 y 5. Para el grado 3 existen 3 individuos que representan el 12% de los individuos muestreados. En el grado 4 encontramos 7 individuos que representan el 28% del total muestreado. En cuanto al grado de motilidad 5 encontramos 15 individuos que representan el 60% de la muestra total.

Figura 18

Porcentaje de individuos por Grado de motilidad





La figura 18 muestra la distribución de porcentaje por grado de motilidad, el grado 3 constituye un 12% de la muestra total, el grado 4 constituye un 28% de la muestra total y el grado 5 constituye un 60% de la muestra total.

En cuanto al tiempo de vida motil del espermatozoide Dzielwulska et al. (2012) refiere que, no solo depende de las condiciones extrínsecas (cantidad de agua, temperatura y osmolaridad), sino también, de la cantidad de ATP emitida por las mitocondrias al flagelo.

4.1.2.2. Determinación del Grado de motilidad espermática de Carachi gris (*Orestias agassi*)

Tabla 18

*Estadísticos descriptivos del Grado de motilidad por individuo de
Carachi gris (*Orestias agassi*)*

	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mín	Máx
				Límite inferior	Límite superior		
1	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
2	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
3	3,25	,500	,25000	2,4544	4,0456	3,00	4,00
4	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
5	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
6	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
7	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
8	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
9	3,00	,000	,00000	3,0000	3,0000	3,00	3,00
10	3,00	,000	,00000	3,0000	3,0000	3,00	3,00
11	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
12	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
13	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
14	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
15	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
16	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
17	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
18	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
19	3,25	,500	,25000	2,4544	4,0456	3,00	4,00
20	3,25	,500	,25000	2,4544	4,0456	3,00	4,00
21	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
22	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
23	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
24	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
25	5,00	,000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
Total	4,63	,76085	,07608	4,4790	4,7810	3,00	5,00

La tabla 18, indica, una media de 4.63 ± 0.76 en grados de motilidad para los reproductores de carachi gris.

Tabla 19

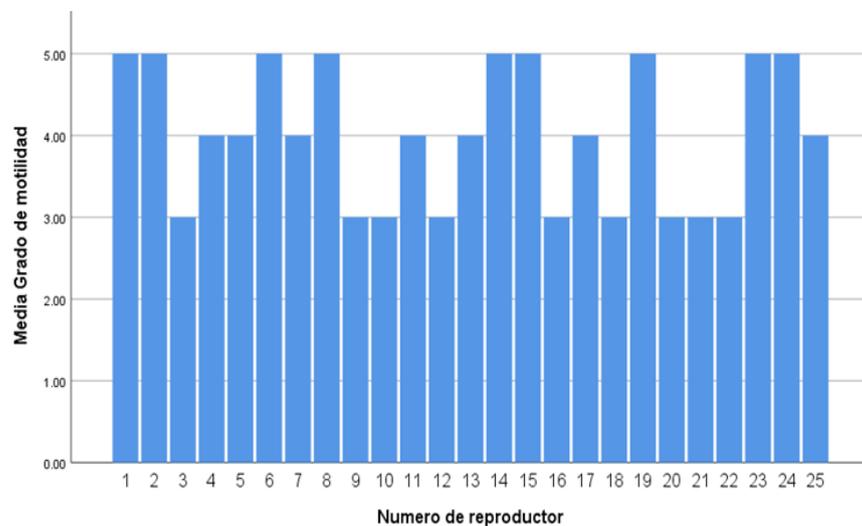
ANOVA del Grado de motilidad de Carachi gris (Orestias agassi)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	55,060	24	2,294	76,472	,000
Dentro de grupos	2,250	75	,030		
Total	57,310	99			

La tabla 19, señala, los resultados de un análisis de varianza, donde, el valor F es 76.472 y tiene un alto grado de significancia (Sig.) debido a que el p valor es < 0.05 , indicando que las diferencias entre grupos son estadísticamente significativas. Finalmente, el Análisis de Varianza indica que existen diferencias significativas entre los conjuntos de datos.

Figura 19

Distribución de medias del Grado de motilidad por individuo de Carachi gris (Orestias agassi)





La figura 19, presenta, la distribución de medias del grado de motilidad, revelando una clara tendencia de estar en los rangos óptimos 9 individuos con grado de motilidad 3, 7 individuos con grado de motilidad 4 y 9 individuos con grado de motilidad 5. Este resultado indica que los reproductores analizados presentan un adecuado grado de motilidad con una gran oportunidad de fecundar los huevos.

Tabla 20

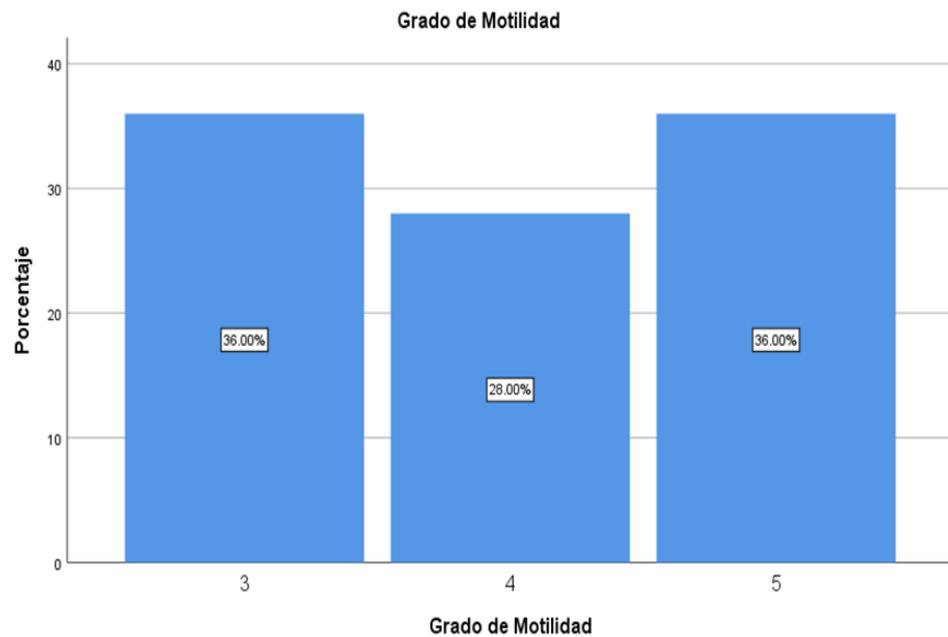
Análisis de frecuencia del Grado de motilidad por individuo de Carachi gris (Orestias agassi)

Grado de Motilidad				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
3	9	36.0	36.0	36.0
4	7	28.0	28.0	64.0
5	9	36.0	36.0	100.0
Total	25	100.0	100.0	

La tabla 20, nos indica la concentración de reproductores que se encuentran en cada grado de motilidad, primeramente, se aprecia que se encontraron 3 grupos: grado 3, grado 4 y grado 5. Para el grado de motilidad 3 encontramos una frecuencia de 9 individuos que representan 36% de la muestra total, en el grado de motilidad 4 encontramos una frecuencia de 7 individuos que representan el 28% de la muestra, y en el grado de motilidad 5 apreciamos una frecuencia de 9 individuos que representan el 36% de los reproductores analizados.

Figura 20

Distribución de porcentaje de frecuencias del Grado de motilidad por individuo de Carachi gris (Orestias agassi)

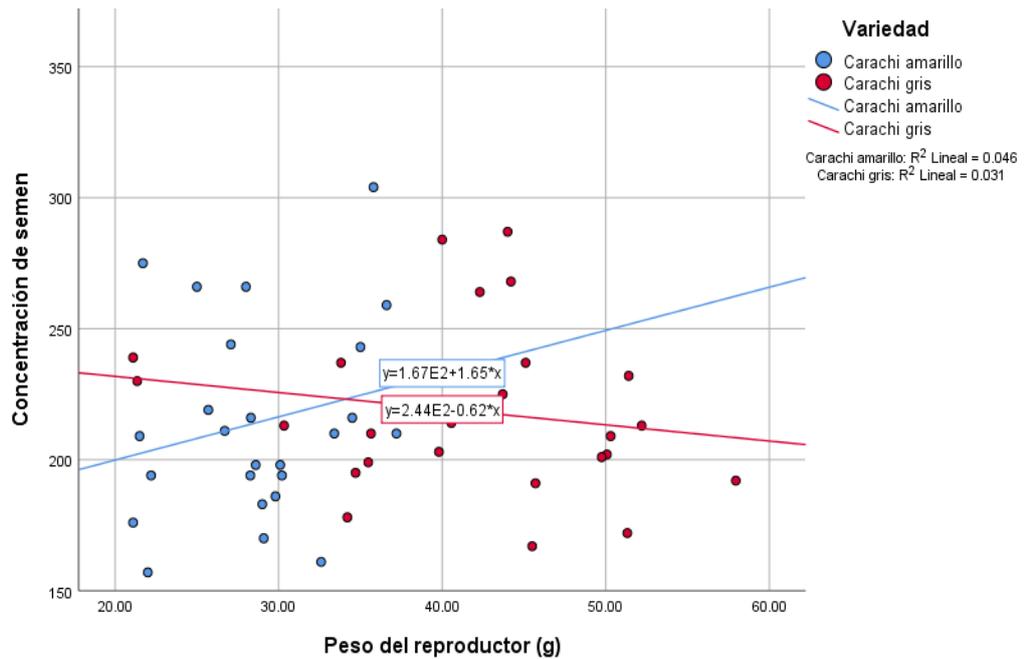


La figura 20 presenta la distribución de porcentaje por grado de motilidad, el grado de motilidad 3 representa el 36% de la muestra total analizada, el grado de motilidad 4 representa el 28% de la muestra total analizada y el grado de motilidad 5 constituye un 36% de la muestra total analizada.

4.1.3. Cuantificación de la concentración espermática de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*)

Figura 21

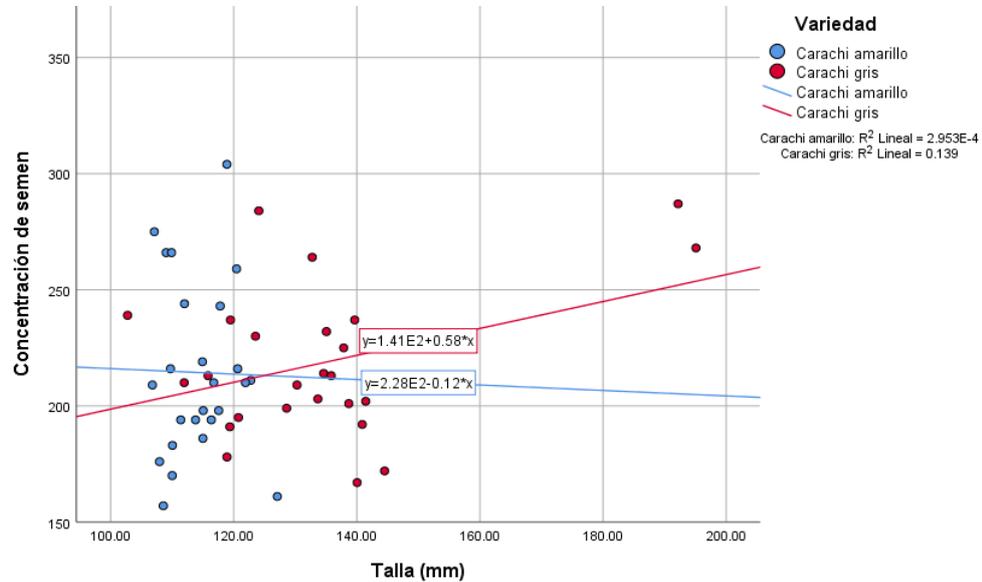
Análisis de relación entre la concentración espermática y peso (gr) por reproductor



La figura 21, presenta, una relación positiva para *Orestias luteus* con un $r = 0.215$ (ver tabla 22), en cuanto a *Orestias agassi* presenta una relación negativa con $r = -0.177$.

Figura 22

Análisis de relación entre la concentración espermática y talla (mm) por reproductor



La figura 22 muestra el vínculo entre concentración espermática y la talla (mm) de los reproductores en ambas especies. Para *Orestias luteus* $r = -0.017$ siendo una relación negativa (ver tabla 22) y para *Orestias agassi* $r = 0.373$ resultando una relación positiva.

Tabla 21

Análisis de Correlación de peso (gr) y talla (gr) con la concentración espermática para ambas especies

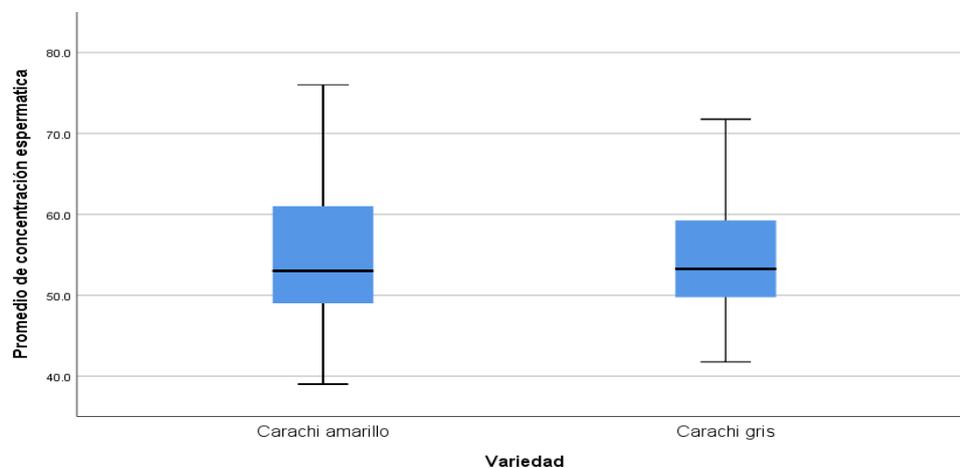
		Peso del reproductor (gr)	Talla (mm)	Concentración espermática
Concentración espermática	Correlación de Pearson	0.215	-0.017	1
Carachi amarillo	Sig. (bilateral)	0.302	0.935	
	N	25	25	25
Concentración espermática	Correlación de Pearson	-0.177	0.373	1
Carachi gris	Sig. (bilateral)	0.397	0.066	
	N	25	25	25

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La tabla 21, presenta, la correlación de Pearson de la concentración espermática con el peso (gr) y la talla (mm) de los reproductores analizados, resultando correlaciones ligeramente significativas entre el peso (gr) y concentración espermática en *Orestias luteus* $r = 0.22$, por otro lado, para *Orestias agassi* en la concentración espermática y talla (mm) $r = 0.37$.

Figura 23

Análisis de cajas de concentración espermática por especie



La figura 23, muestra, que las medias de concentración espermática de cada especie, se puede observar que en ambas especies existe una similitud en las medias, así mismo, *Orestias luteus* tiene un mayor rango de la variabilidad de los datos en cuanto al conteo de concentración espermática.

Tabla 22

Análisis descriptivo de la concentración espermática por especie

	Variedad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Concentración de semen	Carachi amarillo	25	214.36	37.631	7.526
	Carachi gris	25	218.48	32.192	6.438

La tabla 22, presenta, para carachi amarillo una media de 214.36 ± 37.63 espermatozoides/conteo, y para carachi gris una media de 218.48 ± 32.19 espermatozoides/conteo.

Tabla 23

Prueba t- student

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
	F	Sig	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Se asumer varianzas iguales	0.383	0.539	-0.416	48	0.679	-4.120	9.904
No se asumen varianzas iguales			-0.416	46.876	0.679	-4.120	9.904

La tabla 23, realiza la prueba de igualdad de varianzas, donde el valor de probabilidad F es $p\text{-valor} = 0.539 > 0.05$, por consiguiente, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Así mismo, la prueba t de igualdad de medias, resulta un $p\text{-valor} = 0.679 > 0.05$, por consiguiente, la prueba es no significativa. En conclusión, las medias de concentración espermática son similares en ambas especies.

Leach & Montgomerie (2002) hizo un estudio donde, se ha realizado agometrías en la producción seminal y características de la gónada entre machos pequeños y grandes en distintas especies, en el cual, los machos pequeños presentan gónadas más grandes o mayor densidad espermática. Contrastando con los resultados obtenidos.

4.1.3.1. Cuantificación de la concentración espermática de Carachi amarillo (*Orestias luteus*)

Tabla 24

*Conteo de concentración espermática de Orestias luteus por cuadrante
en cámara de new Bauer*

N°	Cuadrante 01	Cuadrante 02	Cuadrante 03	Cuadrante 04	Total
1	60	69	80	50	259
2	80	45	44	47	216
3	45	36	60	70	211
4	40	40	50	80	210
5	55	26	46	67	194
6	67	37	16	56	176
7	87	62	25	45	219
8	45	16	45	55	161
9	18	57	39	69	183
10	39	68	56	35	198
11	78	63	38	37	216
12	19	72	67	36	194
13	55	32	72	84	243
14	30	46	26	84	186
15	75	57	30	82	244
16	39	75	28	28	170
17	47	60	73	86	266
18	46	47	36	65	194
19	86	50	36	37	209
20	26	56	30	45	157
21	82	63	72	87	304
22	52	86	18	54	210
23	69	73	80	44	266
24	83	83	31	78	275
25	39	42	49	68	198

La tabla 24 muestra el conteo de concentración espermática realizado en cámara Neubauer donde se tomó en cuenta cuatro cuadrantes, encontrándose un número mínimo de 157 espermatozoides en total y 304 espermatozoides en total de los cuatro cuadrantes.

Tabla 25

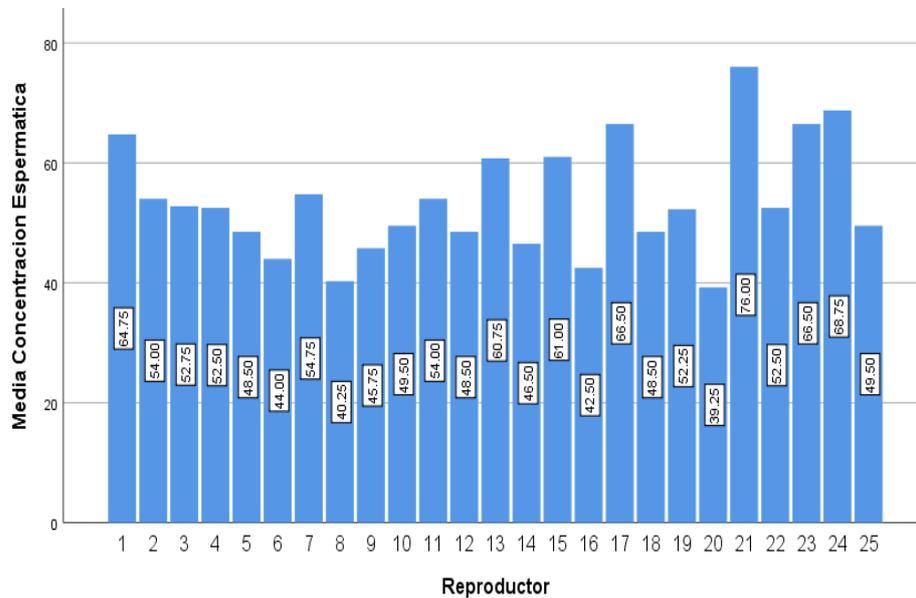
Datos descriptivos de la concentración espermática por cuadrante para Carachi amarillo (Orestias luteus)

Número de Reproductor	Media	N	Desv	Suma	Mín	Máx
1	64.75	4	12.790	259	50	80
2	54.00	4	17.378	216	44	80
3	52.75	4	15.174	211	36	70
4	52.50	4	18.930	210	40	80
5	48.50	4	17.292	194	26	67
6	44.00	4	22.405	176	16	67
7	54.75	4	26.285	219	25	87
8	40.25	4	16.840	161	16	55
9	45.75	4	22.232	183	18	69
10	49.50	4	15.330	198	35	68
11	54.00	4	20.017	216	37	78
12	48.50	4	25.305	194	19	72
13	60.75	4	22.559	243	32	84
14	46.50	4	26.451	186	26	84
15	61.00	4	23.195	244	30	82
16	42.50	4	22.279	170	28	75
17	66.50	4	16.783	266	47	86
18	48.50	4	12.069	194	36	65
19	52.25	4	23.386	209	36	86
20	39.25	4	13.841	157	26	56
21	76.00	4	10.677	304	63	87
22	52.50	4	27.779	210	18	86
23	66.50	4	15.674	266	44	80
24	68.75	4	25.277	275	31	83
25	49.50	4	13.026	198	39	68
Total	53.59	100	19.680	5359	16	87

La tabla 25 indica la media de concentración espermática de carachi amarillo en general para todos los reproductores se muestra un promedio de 53.59 espermatozoides/cuadrante en cámara Neubauer. Utilizando la fórmula para la determinación total de espermatozoides por reproductor podremos hallar la cantidad total.

Figura 24

Medias de concentración espermática por reproductor



La figura 24, nos muestra las medias de concentración espermática por reproductor contabilizados en cámara de Neubauer, el semen fue diluido en un factor de 1/100 por lo que tendremos un coeficiente $\times 10^6$ para calcular los espermatozoides por ml; en este estudio para Carachi Amarillo se registró una media de volumen seminal 0.32 ml, el cual multiplicando por el coeficiente de dilución $\times 10^6$ nos resulta 17,148,800 espermatozoides/reproductor en promedio. (ver ANEXO 6 y ANEXO 7)

Tabla 26

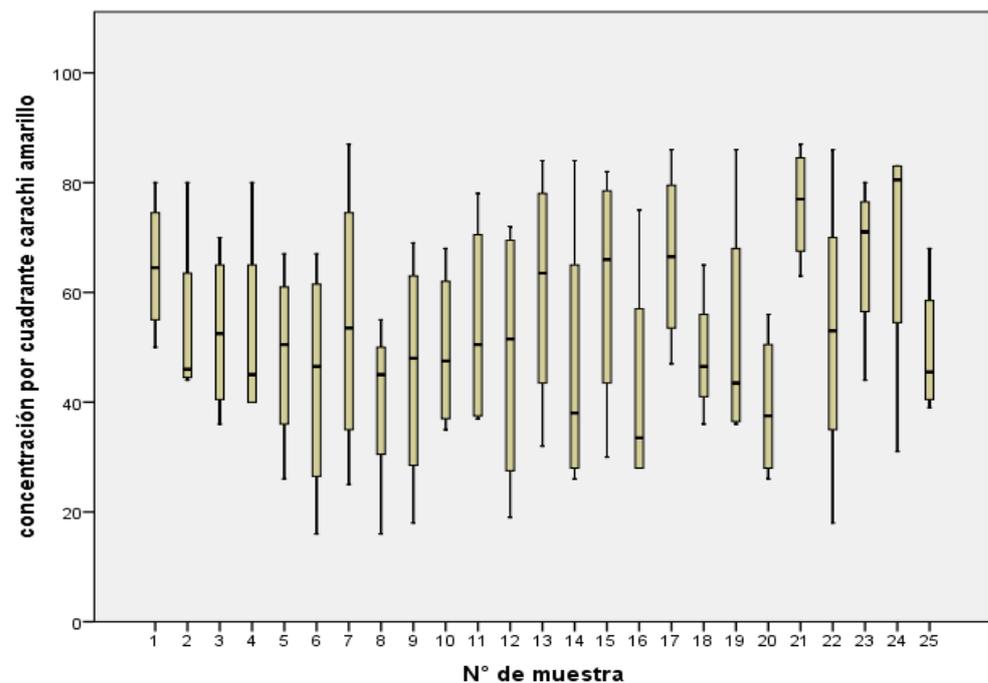
Análisis de Varianza de la concentración por cuadrante

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8496,440	24	354,018	0,890	0,614
Dentro de grupos	29845,750	75	397,943		
Total	38342,190	99			

La tabla 26, nos muestra, el valor F de 0,890, y el p valor = 0,614 indicando que no existe diferencias entre los cuadrantes concerniente a la concentración espermática. Siendo la concentración espermática en carachi amarillo parecido en todos los cuadrantes. El valor F es bajo, significando la que la conexión entre las variables es débil.

Figura 25

Análisis de concentración espermática por reproductor de Carachi amarillo (Orestias luteus)



La figura 25, presenta la distribución del conteo de la concentración espermática de los reproductores de carachi amarillo es similar en la mayoría. Indicando que la concentración espermática es óptima para la fecundación. Por otro lado, se evidenciaron en algunos una concentración espermática alta y baja, esto puede ser debido a que no alcanzaron su etapa reproductiva a la fecha de desove.

4.1.3.2. Cuantificación de la concentración espermática de carachi gris (*Orestias agassi*)

Tabla 27

Conteo de concentración espermática en Carachi gris (Orestias agassi) por cuadrante

N° de muestra	Cuadrante 01	Cuadrante 02	Cuadrante 03	Cuadrante 04	Total
1	29	42	89	79	239
2	71	86	27	48	232
3	30	67	81	59	237
4	57	77	64	89	287
5	59	63	80	66	268
6	48	19	77	59	203
7	17	56	34	60	167
8	82	53	68	81	284
9	64	51	89	60	264
10	53	72	18	82	225
11	72	41	23	36	172
12	73	26	69	34	202
13	22	69	33	67	191
14	88	40	66	16	210
15	58	18	69	85	230
16	36	29	54	73	192
17	76	46	57	35	214
18	50	19	53	79	201
19	71	35	35	72	213
20	59	34	74	32	199
21	54	19	79	85	237
22	44	30	20	84	178
23	49	24	58	64	195
24	51	72	52	34	209
25	45	25	65	78	213

La tabla 27 nos muestra el conteo de la concentración espermática realizado en cámara Neubauer donde se tomó en cuenta cuatro cuadrantes, encontrándose un número mínimo de 167 espermatozoides en total de los cuatro cuadrantes y un número máximo de 287 espermatozoides en total de los cuatro cuadrantes.



Tabla 28

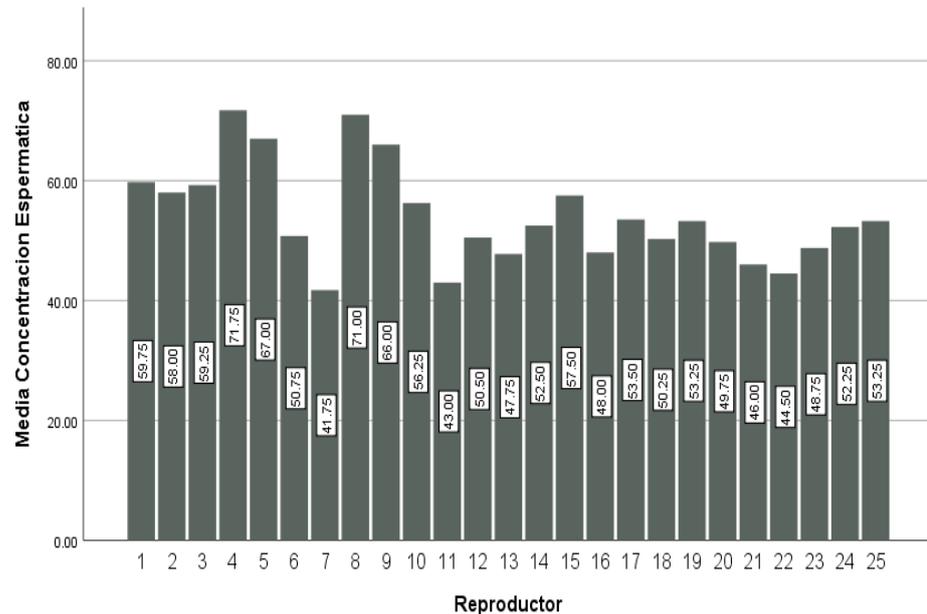
Datos estadísticos descriptivos de la concentración espermática por reproductor de Carachi gris (Orestias agassi)

Número de Reproductor	Media	N	Desv	Suma	Mín	Máx
1	59.75	4	28.790	239	29	89
2	58.00	4	25.910	232	27	86
3	59.25	4	21.515	237	30	81
4	71.75	4	14.174	287	57	89
5	67.00	4	9.128	268	59	80
6	50.75	4	24.308	203	19	77
7	41.75	4	20.072	167	17	60
8	71.00	4	13.589	284	53	82
9	66.00	4	16.269	264	51	89
10	56.25	4	28.194	225	18	82
11	43.00	4	20.769	172	23	72
12	50.50	4	23.951	202	26	73
13	47.75	4	23.824	191	22	69
14	52.50	4	31.257	210	16	88
15	57.50	4	28.572	230	18	85
16	48.00	4	19.715	192	29	73
17	53.50	4	17.483	214	35	76
18	50.25	4	24.568	201	19	79
19	53.25	4	21.077	213	35	72
20	49.75	4	20.304	199	32	74
21	46.00	4	26.319	184	19	79
22	44.50	4	28.112	178	20	84
23	48.75	4	17.614	195	24	64
24	52.25	4	15.543	209	34	72
25	53.25	4	23.215	213	25	78
Total	54.09	100	21.115	5409	16	89

La tabla 28, presenta, la media de las observaciones en cuanto a la concentración espermática 54.09 espermatozoides/ cuadrante. En un intervalo de confianza de 95%.

Figura 26

Distribución de medias de concentración espermática por reproductor de Carachi gris (Orestias agassi)



La figura 26, nos muestra las medias de concentración espermática por reproductor contabilizados en cámara de Neubauer, el semen fue diluido en un factor de 1/100 por lo que tendremos un coeficiente $\times 10^6$ para calcular los espermatozoides por ml; en este estudio para Carachi gris se registró una media de volumen seminal 0.40 ml, el cual multiplicando por el coeficiente de dilución $\times 10^6$ nos resulta 22,066,480 espermatozoides/reproductor en promedio. (ver ANEXO 6 y ANEXO 7)



Tabla 29

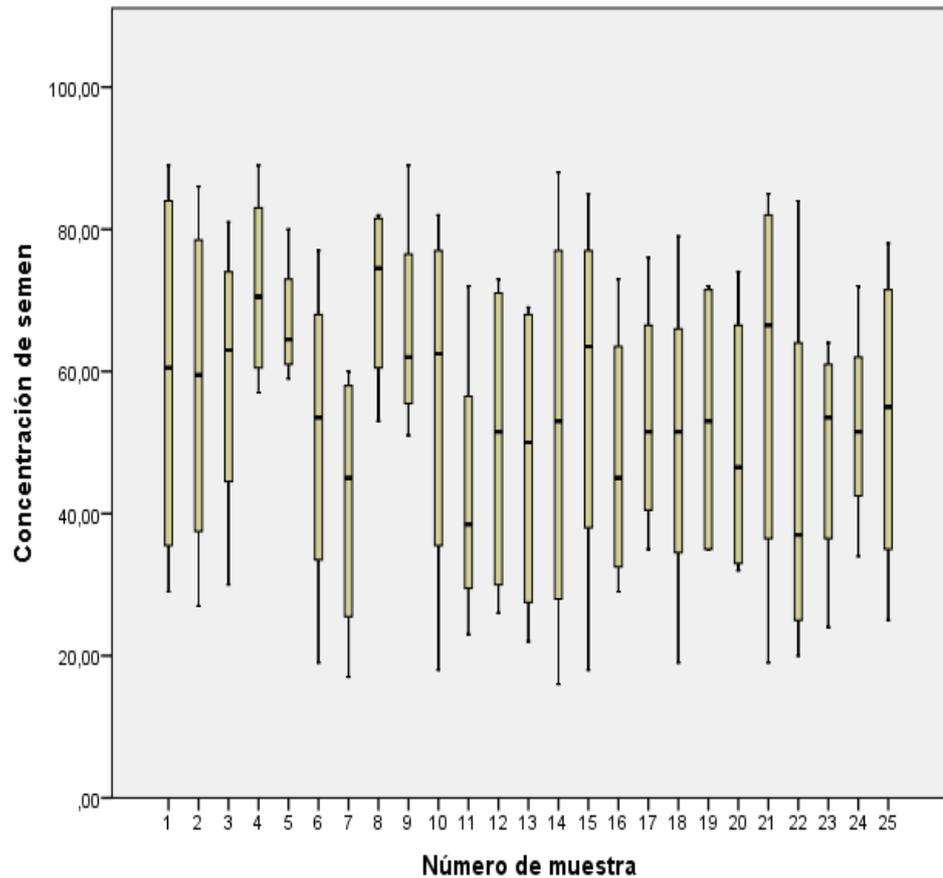
*Análisis de Varianza para la concentración espermática de Carachi gris
(Orestias agassi)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6218,060	24	259,086	0,507	0,968
Dentro de grupos	38361,500	75	511,487		
Total	44579,560	99			

La tabla 29, presenta, el análisis de varianza (ANOVA) que evalúa las diferencias entre grupos en un conjunto de información. Donde el valor $F = 0.507$, y su significancia (Sig.) = 0.968, significando que las diferencias no son estadísticamente significativas. En conclusión, el ANVA muestra que las diferencias entre los grupos no son relevantes, puesto que el valor de F es bajo y la significancia es alta. Gran parte de la variabilidad se halla dentro de los grupos.

Figura 27

Concentración espermática en Carachi gris (Orestias agassi)



La figura 27, presenta los datos de concentración por cada reproductor analizado de la especie carachi gris, podemos observar el rango de los conteos realizados en cuadrantes resultando para algunas muestras un menor rango, pero con una mayor concentración en cambio en otras muestras se evidencia un rango más amplio, pero de igual manera con una alta concentración espermática.



Tabla 30

Estadísticos descriptivos de espermatozoides/ml en Carachi amarillo y Carachi gris

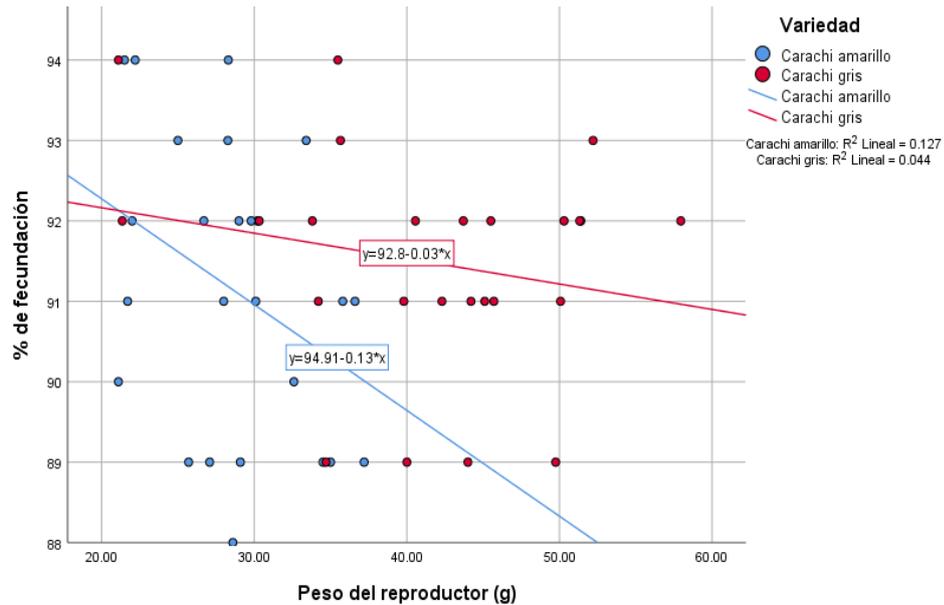
Estadísticos descriptivos			
	N	Media	Desv. Desviación
Espermatozoides Carachi Amarillo	25	53.59×10^6	0.94
Espermatozoides Carachi Gris	25	54.62×10^6	0.81
N válido (por lista)	25		

La tabla 30 presenta las medias y su variación en espermatozoide por mililitro, siendo: para carachi amarillo $53.59 \times 10^6 \pm 0.94$ espermatozoides/ml, y para carachi gris $54.62 \times 10^6 \pm 0.81$ espermatozoides/ml. (ver ANEXO 6 y 7)

4.1.4. Evaluación de la viabilidad espermática de Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Carachi gris (*Orestias agassi*)

Figura 28

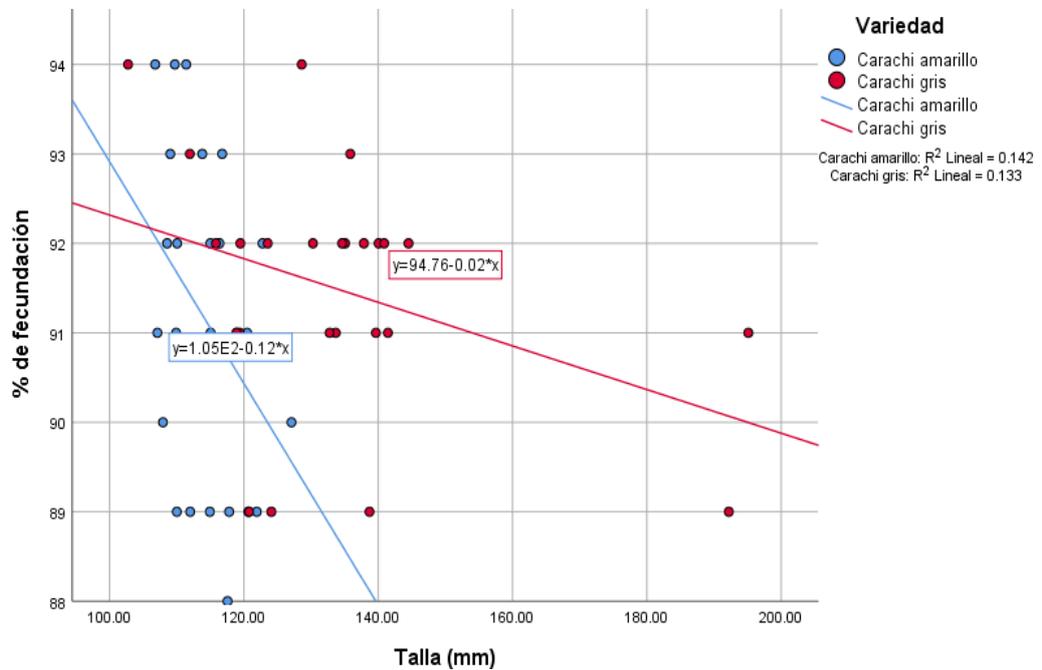
Análisis de relación entre el porcentaje de fecundación y peso (gr) por reproductor de ambas especies



La figura 28, presenta la relación entre el porcentaje de fecundación y el peso (gr) de cada individuo muestreado en cada especie. En cuanto a carachi amarillo existe una relación negativa con un $r = -0.356$ (ver tabla 31) y en carachi gris $r = -0.210$. También podemos observar que el porcentaje de fecundación para carachi amarillo fluctúa entre 88% y 94% y para carachi gris entre 89% y 94%.

Figura 29

Análisis de relación entre el porcentaje de fecundación y talla (mm) por reproductor en ambas especies



La figura 29, muestra el vínculo entre porcentaje de fecundación y la talla (mm) de los reproductores analizados en cada especie. Se evidencia para carachi amarillo una relación negativa $r = -0.377$, en cuanto a carachi gris también existe un vínculo negativo $r = -0.364$.

Tabla 31

Análisis de correlación entre el porcentaje de fecundación con el peso (gr) y talla (mm) por especie

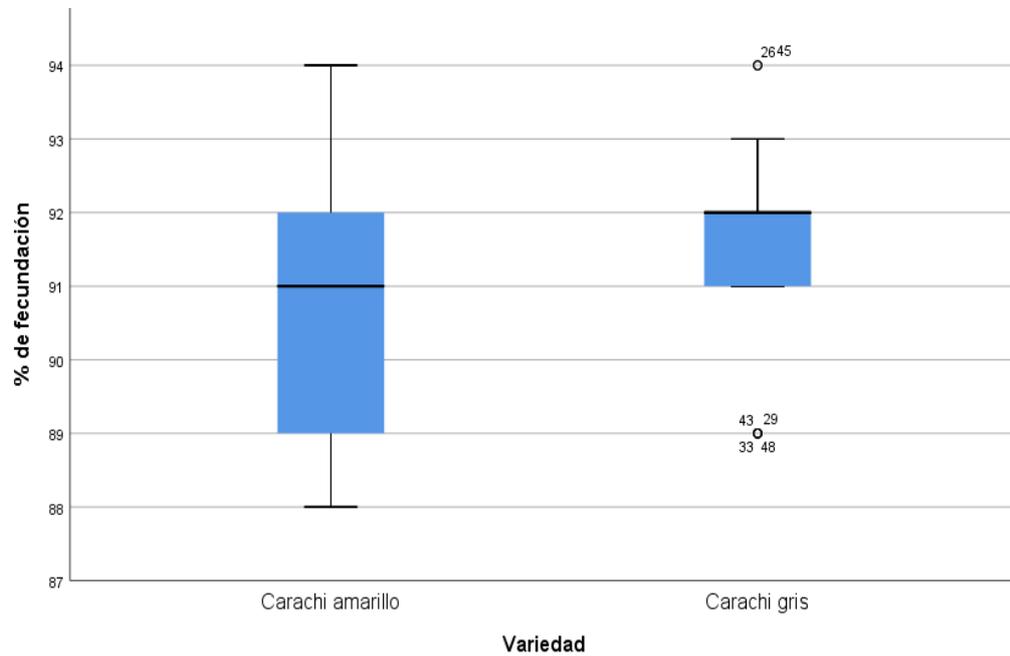
Correlaciones		Peso del reproductor (gr)	Talla (mm)	% de fecundación
% de fecundación Carachi amarillo	Correlación de Pearson	-0.356	-0.377	1
	Sig. (bilateral)	0.080	0.063	
	N	25	25	25
% de fecundación Carachi gris	Correlación de Pearson	-0.210	-0.364	1
	Sig. (bilateral)	0.313	0.073	
	N	25	25	25

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La tabla 31, presenta, la correlación entre el porcentaje de fecundación con el peso (gr) y la talla (mm) de las muestras analizadas, mostrando correlaciones negativas entre el peso y talla de los reproductores de ambas variedades de carachi con el porcentaje de fecundación. Significando que el peso (gr) y talla (mm) en ambas especies no tiene relación con el porcentaje de fecundación.

Figura 30

Análisis de cajas del porcentaje de fecundación por especie



La figura 30, presenta las medias de porcentaje de fecundación, resultando para carachi amarillo una media de 91.12% de fecundación y para carachi gris una media de 91.48% de fecundación con una menor variabilidad entre los individuos analizados.

Tabla 32

Estadísticos descriptivos del porcentaje de fecundación por variedad de Carachi

Estadísticas de grupo					
	Variedad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
% de fecundación	Carachi amarillo	25	91.12	1.810	0.362
	Carachi gris	25	91.48	1.388	0.278



La tabla 32, muestra las medias de fecundación para cada especie, observándose para *Orestias agassi* $91.48 \pm 1.38 \%$, y para *Orestias luteus* $91.12 \pm 1.8 \%$.

Tabla 33

Análisis t-Student de medias para muestras independientes

	Prueba de prueba t para la igualdad de medias						
	Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Se asumen varianzas iguales	2.74	0.10	-0.79	48	0.43	-0.360	0.456
No se asumen varianzas iguales			-0.79	44.97	0.43	-0.360	0.456

La tabla 33, muestra la significancia que es igual a 0.104 siendo mayor a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula en la homogeneidad de varianzas.

Del mismo modo se observa el test t de igualdad de medias, debido a que las varianzas son iguales, el p-valor es igual a 0.434 siendo mayor que 0.05, por consiguiente, se acepta la igualdad de medias, resultando el análisis no significativo. En conclusión, las medias en el porcentaje de fecundación son similares en ambas especies.

4.1.4.1. Evaluación de la viabilidad de fecundación en ovas para

Orestias luteus

Tabla 34

Datos estadísticos descriptivos de volumen seminal y porcentaje de fecundación

	Media	Desviación estándar	N°
Volumen seminal	0,3232	0,07093	25
Porcentaje de fecundación	91,1200	1,81016	25

La tabla 34, muestra las medias del porcentaje de fecundación para las muestras analizadas de *Orestias luteus* resultando una media de 91.12 \pm 1.81 % de fecundación. Siendo una cifra significativa para el éxito en la reproducción de esta especie.

Tabla 35

Análisis de Pearson entre el porcentaje de fecundación y el volumen seminal

		Volumen seminal	Porcentaje de fecundación
Volumen seminal	Correlación de	1	-0,139
	Pearson		
	Sig. (unilateral)		0,253
	N	25	25
Porcentaje de fecundación	Correlación de	-0,139	1
	Pearson		
	Sig. (unilateral)	0,253	
	N	25	25

La tabla 35, indica un valor $r = -0.139$ entre el volumen seminal y el porcentaje de fecundación siendo una correlación negativa en *Orestias luteus*. Por lo tanto, el volumen seminal no se considera un factor predominante en la fecundación.

Tabla 36

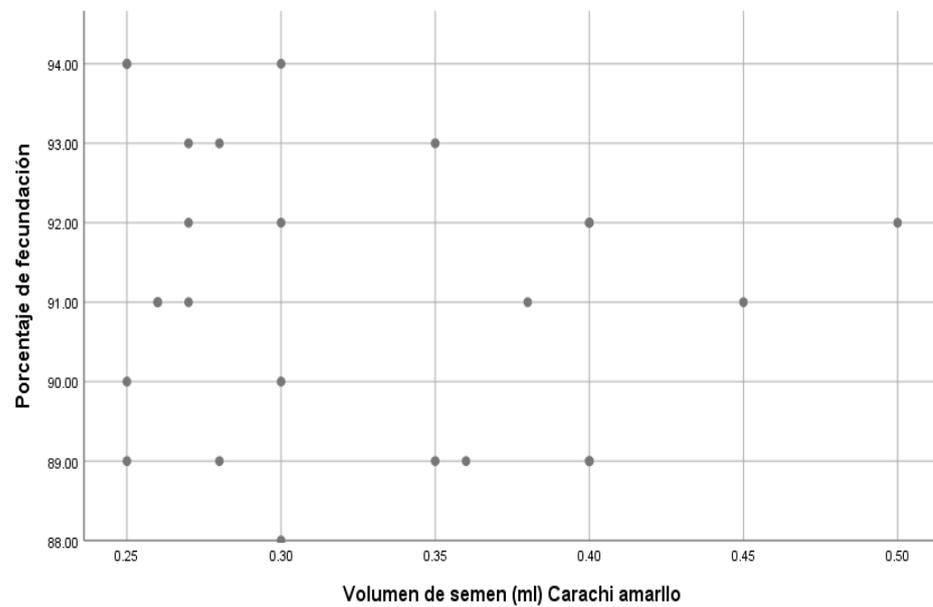
Análisis de correlación Rho de Spearman

			Volumen seminal	Porcentaje de fecundación
Rho de Spearman	Volumen seminal	Coefficiente de correlación	1,000	-0,176
		Sig. (unilateral)	.	0,200
		N	25	25
	Porcentaje de fecundación	Coefficiente de correlación	-0,176	1,000
		Sig. (unilateral)	0,200	.
		N	25	25

La tabla 36, muestra que no existe una relación entre el volumen de semen del y el porcentaje de fecundación. Por lo tanto, podemos afirmar que el volumen seminal no debería ser un aspecto importante para selección los reproductores. Del mismo modo que en la correlación de Pearson, el coeficiente de Spearman es un indicador de la relación lineal entre dos variables. Existe la posibilidad que haya una conexión no lineal entre el volumen seminal y el porcentaje de fecundación.

Figura 31

Análisis de dispersión del volumen seminal y porcentaje de fecundación



La figura 31, presenta la distribución de relaciones entre el volumen seminal (ml) y el porcentaje de fecundación. En la figura, los puntos representan las observaciones individuales de lo cual podemos analizar que las muestras con un volumen seminal de 0.25ml y 0.30ml tienen un 94% de fecundación y que los individuos con un volumen seminal mayor a 0.40ml presentara un porcentaje de fecundación mayor al 90%.

Tabla 37

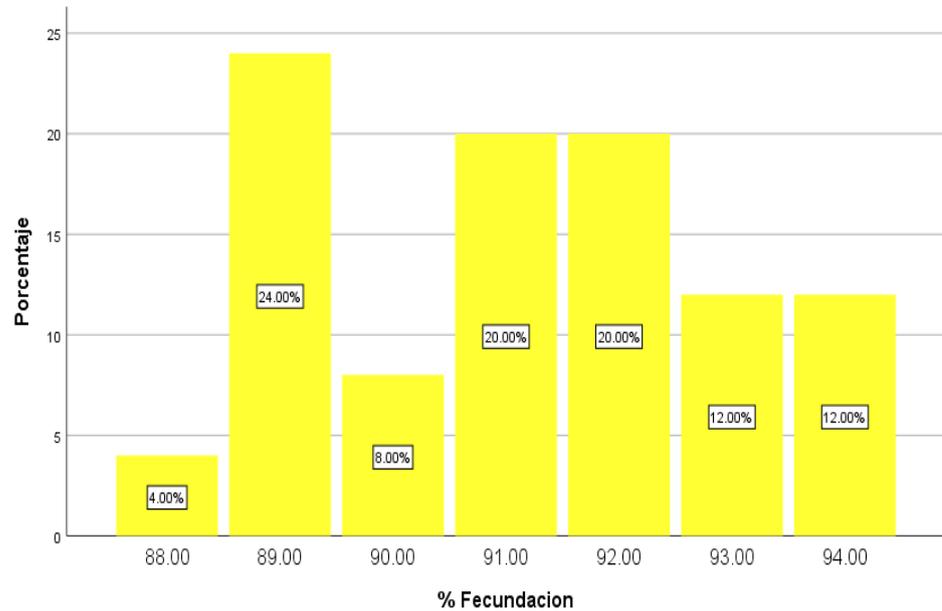
Distribución de frecuencias de los reproductores de Carachi amarillo respecto al porcentaje de fecundación

% Fecundación					
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	
Válido	88.00	1	1.0	4.0	4.0
	89.00	6	6.0	24.0	28.0
	90.00	2	2.0	8.0	36.0
	91.00	5	5.0	20.0	56.0
	92.00	5	5.0	20.0	76.0
	93.00	3	3.0	12.0	88.0
	94.00	3	3.0	12.0	100.0
	Total	25	25.0	100.0	
Perdidos Sistema		75	75.0		
Total		100	100.0		

La tabla 37 nos indica la distribución de la frecuencia de los reproductores de carachi amarillo respecto al porcentaje de fecundación en donde vemos que solo 1 individuo presento el 88% de fecundación, la frecuencia con más reproductores presento el 89% de fecundación con 6 individuos, y la mayor frecuencia de los reproductores de carachi amarillo se encuentra entre el 91% y 92% de fecundación.

Figura 32

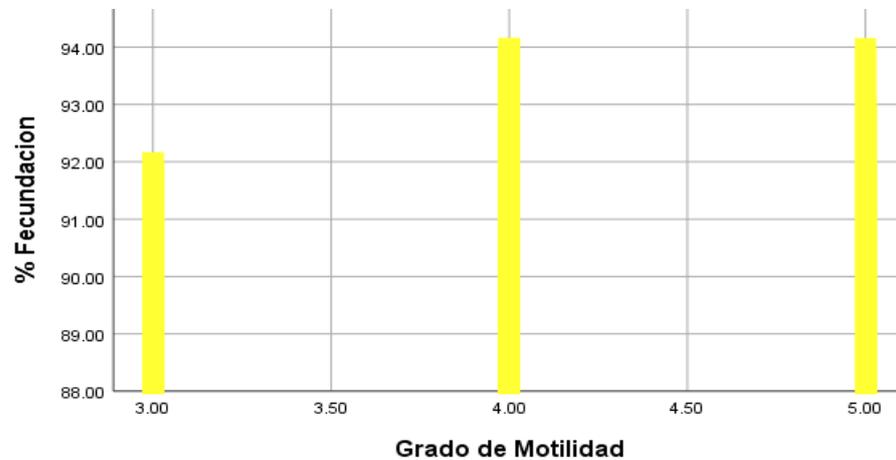
*Distribución de frecuencias para el porcentaje de reproductores de
Carachi amarillo (*Orestias luteus*)*



La figura 32 representa la distribución de las frecuencias del porcentaje de reproductores, el mayor porcentaje encontrado con un 24% de los reproductores presento el 89% de fecundación, seguidamente con mayor porcentaje se encuentran los reproductores que presentaron 91% y 92% de fecundación representando para ambos casos el 20% de los individuos analizados, finalmente los individuos que tuvieron un 88% de fecundación representan el 4% del total de individuos analizados.

Figura 33

Análisis del Grado de motilidad con el porcentaje de fecundación de los reproductores de Carachi amarillo



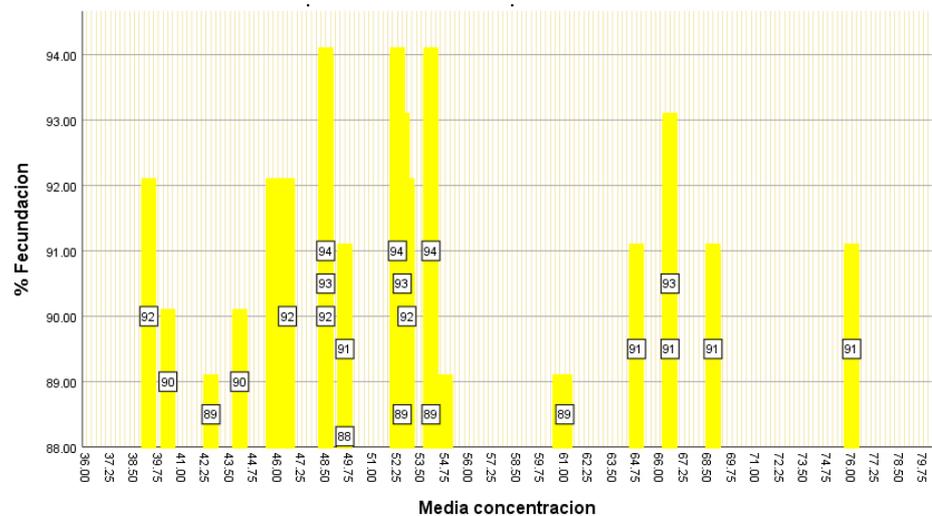
La figura 33 nos muestra el grado de motilidad con el porcentaje de fecundación para las muestras de *Orestias luteus*, de lo que podemos deducir que los grados de motilidad 4 y 5 presentan un porcentaje de fecundación mayor a 94% por otro lado el grado de motilidad 3 presenta un 92% de fecundación. Este análisis nos permite decir que los niveles mayores de motilidad tendrán un mayor porcentaje de fecundación.

Contrastando el vínculo de entre el nivel de motilidad de los espermatozoides y el porcentaje de fecundación se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson = 0,23, siendo una relación significativa. Lo que tiene coherencia con investigaciones pasadas donde se enfatiza la importancia de la motilidad del espermatozoides en una fecundación exitosa, lo que fue señalado por Martínez et al. (2010) y Watson (1995). Esta conexión positiva entre la locomoción del espermatozoides y el porcentaje de fecundación significa una importancia en mantener altos niveles de motilidad lo que garantizara el éxito en la reproducción.

Por otro parte Geffen y Evans (2000) señalan que, el espermatozoide con una alta concentración no siempre presenta la mayor tasa de motilidad ni la mayor tasa de fertilización.

Figura 34

Análisis de la media de concentración espermática con el porcentaje de fecundación



La figura 34 nos muestra las medias de concentración espermática con el porcentaje de fecundación, donde podemos observar que entre los valores de concentración espermática de 48.50 espermatozoides/cuadrante y 54.75 espermatozoides/cuadrante presentan hasta el 94% de fecundación, además podemos decir que los reproductores con una media de 64.50 espermatozoides/cuadrante en adelante presentaran un porcentaje de fecundación mayor a 91%.

4.1.4.2. Evaluación de la viabilidad de fecundación en ovas para

Orestias agassi

Tabla 38

Datos estadísticos descriptivos para el volumen seminal y porcentaje de fecundación

	Media	Desviación estándar	N
Volumen seminal	0,4040	0,06733	25
Porcentaje de fecundación	91,4800	1,38804	25

La tabla 38, muestra las medias de volumen seminal = 0.4040 ± 0.067 ml y el porcentaje de fecundación = 91.48 ± 1.38 %, lo que indica que las variables de volumen seminal y porcentaje de fecundación tienen consistencia y una mínima variabilidad respecto a la media.

Tabla 39

Análisis de correlación de Pearson entre el volumen seminal y porcentaje de fecundación

		Volumen seminal	Porcentaje de fecundación
Volumen seminal	Correlación de Pearson	1	0,567**
	Sig. (unilateral)		0,002
	N	25	25
Porcentaje de fecundación	Correlación de Pearson	0,567**	1
	Sig. (unilateral)	0,002	
	N	25	25

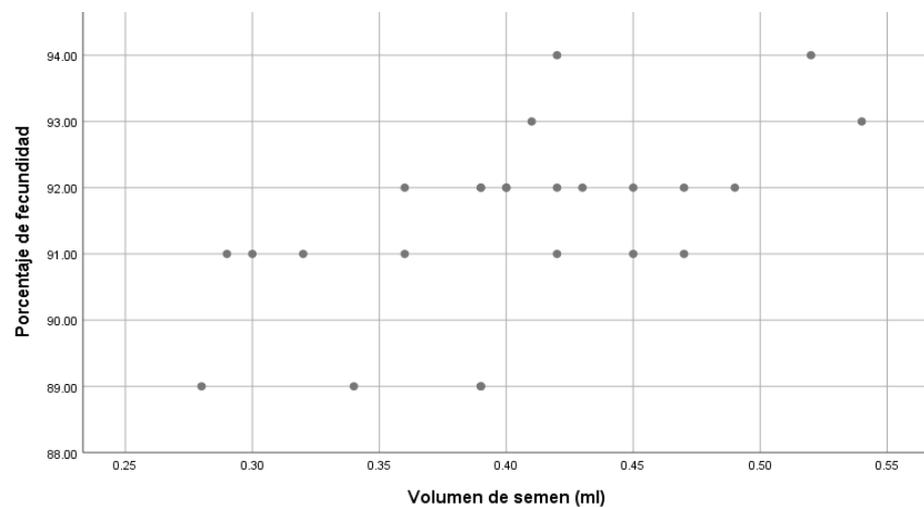
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral).

La tabla 39 muestra la correlación de Pearson entre el volumen de semen y el porcentaje de fecundación, siendo = 0.567 indicando que la correlación es muy significativa a un nivel de confianza del 0.01. Lo cual significa que existe una asociación positiva fuerte entre el volumen

seminal y el porcentaje de fecundación, lo que podemos inferir que a medida que el volumen aumenta, el porcentaje de fecundación también aumenta. El nivel de significancia = 0.002 apoya esta asociación y su alta significancia entre ambas variables.

Figura 35

Análisis de dispersión entre el volumen seminal y el porcentaje de fecundación



La figura 35, presenta la distribución de muestras con relación al volumen de semen y el porcentaje de fecundidad en carachi gris. Donde, los puntos representan las observaciones individuales de lo cual podemos analizar que los individuos con un volumen seminal de 0.42ml y 0.52ml tienen un 94% de fecundación y que los individuos con un volumen seminal mayor a 0.40ml presentaran un porcentaje de fecundación mayor al 90%.



Respecto a la relación entre el volumen seminal y el porcentaje de fecundación para carachi gris, el coeficiente de Pearson = 0,5 refleja el impacto significativo del volumen seminal en la capacidad de fecundación.

Tabla 40

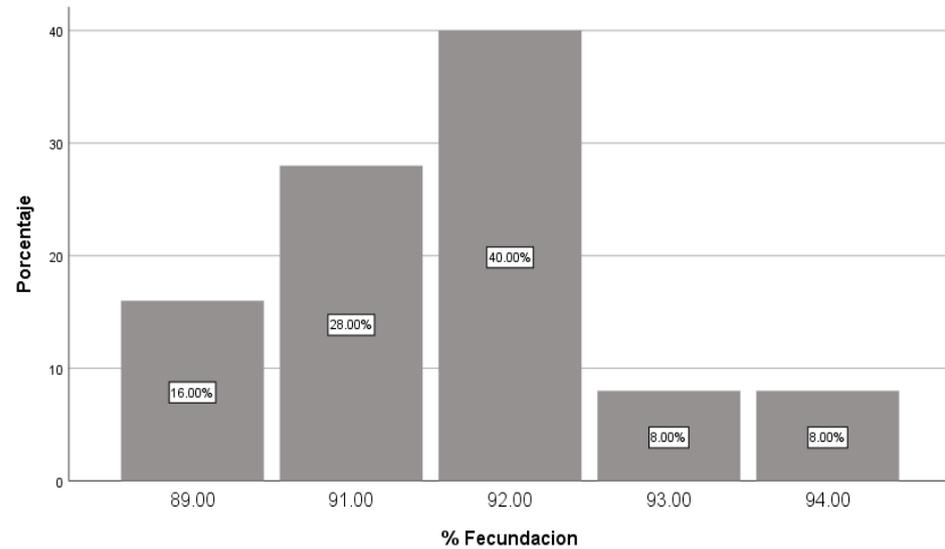
Análisis de distribución de frecuencias de los porcentajes de fecundación de los reproductores de carachi gris

% Fecundación					
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado	
Válido	89.00	4	4.0	16.0	16.0
	91.00	7	7.0	28.0	44.0
	92.00	10	10.0	40.0	84.0
	93.00	2	2.0	8.0	92.0
	94.00	2	2.0	8.0	100.0
	Total	25	25.0	100.0	
		75	75.0		
Total		100	100.0		

La tabla 40 nos indica la distribución de la frecuencia de los reproductores de carachi gris respecto al porcentaje de fecundación en donde vemos que la mayor frecuencia de reproductores representado por 10 individuos presenta un 92% de fecundación.

Figura 36

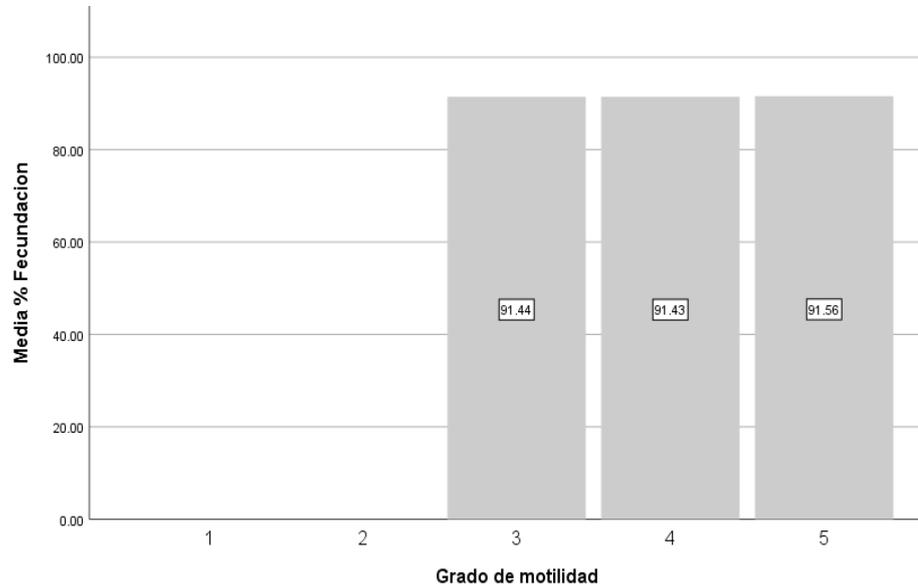
*Distribución de frecuencias en el porcentaje de fecundación para
Carachi gris (*Orestias agassi*)*



La figura 36 representa la distribución de las frecuencias del porcentaje de reproductores de carachi gris, el mayor porcentaje encontrado con un 40% de los reproductores presento el 92% de fecundación, seguidamente con mayor porcentaje se encuentran los reproductores que presentaron 91% fecundación representando el 28% de los individuos analizados, finalmente los individuos que tuvieron 93% y 94% de fecundación representan el 8% en ambos casos del total de individuos analizados.

Figura 37

*Análisis de grado de motilidad con el porcentaje de fecundación de los reproductores de Carachi gris (*Orestias agassi*)*



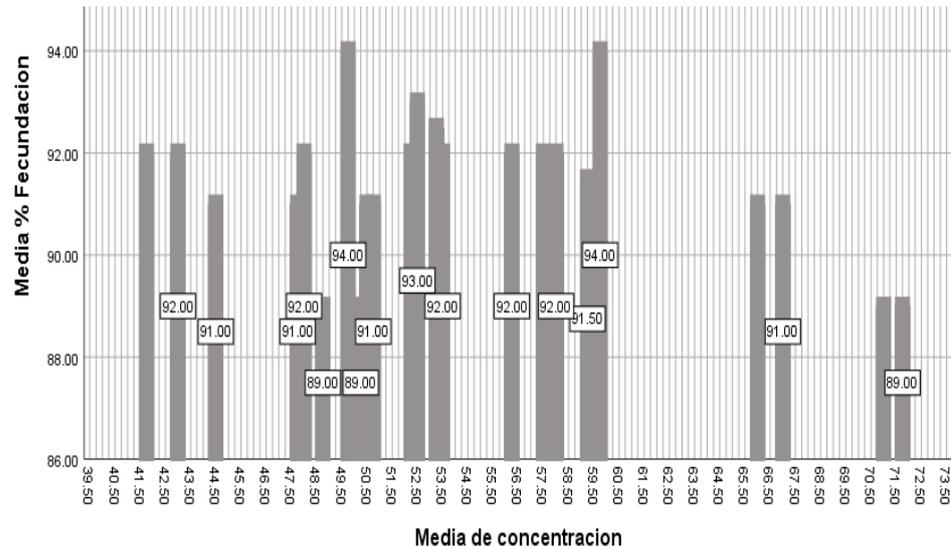
La figura 37 nos muestra el grado de motilidad con el porcentaje de fecundación de los reproductores de carachi gris, podemos observar que los grados de motilidad 3, 4 y 5 presentan un porcentaje de fecundación de 91.44%, 91.43% y 91.56% respectivamente, por lo que podemos decir que en los 3 niveles de motilidad se observara porcentajes de fecundación mayores a 90%.

El coeficiente de correlación de Pearson = 0,25 para el grado de motilidad y el porcentaje de fecundación precisa que existe una relación significativa entre ambas variables. Dicha relación es consistente con los resultados obtenidos para *Orestias luteus* respaldando la hipótesis donde la motilidad del espermatozoide tiene una significancia directa en la reproducción para ambas especies. Sin embargo, *Orestias agassi* presenta una relación más intensa, indicando que la motilidad espermática tendría

mayor impacto en la reproducción de carachi gris a diferencia de carachi amarillo.

Figura 38

Análisis de las medias de concentración espermática con el porcentaje de fecundación



La figura 38 nos muestra las medias de concentración espermática con el porcentaje de fecundación, donde podemos observar que entre los valores de concentración espermática de 49.50 espermatozoides/cuadrante y 59.50 espermatozoides/cuadrante presentan hasta el 94% de fecundación, además podemos decir que los reproductores de carachi gris en su mayoría un porcentaje de fecundación mayor a 91%.



V. CONCLUSIONES

- Los reproductores de carachi amarillo analizados presentan en promedio 0.32 ± 0.07093 ml de volumen seminal, y carachi gris 0.40 ± 0.06733 ml de volumen seminal. La correlación de Pearson indica una ligera relación entre el peso y el volumen de semen de Carachi amarillo con un valor de 0.299, en cuanto a la talla y el volumen de semen se encontró una relación de 0.148. Por otro lado, para carachi gris existe una relación significativa inversa entre el peso y el volumen de semen de con un valor de - 0.251, en cuanto a la relación entre la talla y el volumen de semen se encontró una relación inversa significativa de - 0.356.
- Carachi amarillo presento una media de grados de motilidad de 4.27 ± 0.93 , y carachi gris una media 4.63 ± 0.76085 . Según el ANOVA existe significancia con un p valor = 0,00 para ambas especies. Es decir, que los espermatozoides de estas dos especies poseen una alta capacidad de fecundación.
- Carachi amarillo (*Orestias luteus*) presento una media de concentración espermática de 17, 148,800 espermatozoides/reproductor, y Carachi gris (*Orestias agassi*) 22, 066,480 espermatozoides/reproductor. Estas cantidades de espermatozoides reflejaran en el nivel alcanzado de fecundación de los huevos de estas especies.
- La media de porcentaje de fecundación para carachi amarillo es de 91.12 ± 1.810 % y 91.48 ± 1.388 % para carachi gris. Debido a los resultados anteriormente descritos podemos decir que estas dos especies poseen un alto grado de fecundidad y por consiguiente una excelente calidad espermática.



VI. RECOMENDACIONES

- Para la elegir a los reproductores, es recomendable considerar la motilidad de los espermatozoides debido a que este factor es muy significativo para obtener un mejor porcentaje de fecundación. En cambio, no es recomendable considerar el volumen seminal del reproductor, porque este indicador no es muy significativo en el porcentaje de fecundación. Así mismo, tener en cuenta la concentración espermática de los reproductores para una óptima fecundación.
- Proteger el ambiente acuático, ya que la contaminación puede afectar la calidad espermática de los reproductores. Es importante los programas educativos dirigidos a la población acerca de lo indispensable que es la conservación de las especies de carachi, para contribuir a la protección de estas especies icticas que enfrentan una amenaza de extinción.
- Recomendar a los pescadores del lago Titicaca respetar las tallas mínimas de pesca para evitar la disminución de la población de la especie de Orestias. Utilizando las medidas de red adecuadas para esta especie.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aas, G. H. T., Refstie, T., & Gjerde, B. (1991). Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 95, 125-132
- Adrien, F., Marc., Jarrod, L., Guppy., Julie, Goldsbury., Donna, Rudd., Holly, S., Cate., Damien, B.B.P., Paris., Dean, R., Jerry. (2024). 2. Characterization of sperm quality in captive-bred barramundi (*Lates calcarifer*): Effect on spawning performance and paternal contribution in mass-spawning events. *Aquaculture*, doi: 10.1016/j.aquaculture.2024.740717
- Amaru Chambilla, G. R., & Yujra Flores, E. (2023). Efecto de la microalga *Chlorella vulgaris* en el manejo de larvas y alevinos de *Orestias luteus* nativa del lago Titicaca, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 25(2). <https://doi.org/10.18271/ria.2023.441>
- Anders, Johansson., Aleksandar, Cojkić., Jane, M., Morrell. (2023). 3. The relationship between sperm quality parameters and stallion fertility. *Journal of Equine Veterinary Science*, doi: 10.1016/j.jevs.2023.104592
- Arias-Rodriguez, L. (2001). *Inactivación genética de esperma e inducción de ginogénesis y de triploidía en el botete diana *Sphoeroides annulatus*, (Jenyns, 1842)*. https://www.researchgate.net/publication/332550947_Arias_Rodriguez_Lenin_2001_Inactivacion_genetica_de_esperma_e_induccion_de_ginogenesis_y_de_triploidia_en_el_botete_diana_Sphoeroides_annulatus_Jenyns_1842_Tesis_de_Maestria_en_Ciencias_Centro_de_Inve
- Belgodere, Jorge, A., Liu, Yue., Reich, Elizabeth, L., Eades, Jason., Tiersch, Terrence, R., W., Monroe, Todd. (2022). 5. Development of a Single-Piece Sperm Counting Chamber (SSCC) for Aquatic Species. *Fishes*, doi: 10.3390/fishes7050231
- Billard, R., Cosson, J., Crim, L. W. & Suquet, M. (1995a). Broodstock management and egg and larval quality. In N. R. Bromage & R. J. Robert (Eds.), *Sperm physiology and quality* (pp. 25-53). Boston, EE. UU.: Blackwell Science, Oxford.



- Billard, R., Cosson, J., Percec, G. & Linhart, O. (1995b). Biology of sperm and artificial reproduction in carp. *Aquaculture*, 129, 95-112. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00231-C](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00231-C)
- Borges, A., Siqueira, D. R., Jurinitz, D. F., Zanini, R., do Amaral, F., Grillo, M. L., Oberst, E. R., & Wassermann, G. F. (2005). Biochemical Composition of Seminal Plasma and Annual Variations in Semen Characteristics of Jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard, Pimelodidae). *Fish Physiology and Biochemistry*, 31(1), 45–53. <https://doi.org/10.1007/s10695-005-4742-8>
- Bucci, Roberto., Parrillo, I., De Amicis., Robbe, Domenico, S., Carluccio, Augusto. (2023). 1. Evaluation of Testicular Volume and Correlation with Sperm Production in Martina Franca Donkeys: A Parameter to Consider When Approving Breeding Jacks. *Animals*, doi: 10.3390/ani13233619
- Carmona-Calderón, J., Espinosa-Araújo, J., Atencio-García, V., & Díaz-Hernández, O. (2021). Crioconservación de semen de dorada (*Brycon sinuensis*) con diferentes crioprotectores a dos porcentajes de inclusión. *Orinoquia*, 25(2). <https://doi.org/10.22579/20112629.705>
- CIDAB. (2002). Manejo de pesca sostenible en el lago Titicaca. In *Agosto*.
- Comlan, Eugène, Dessouassi., D., G., Akélé., Yissegnon, A., Tokpon., Armel, Gougbedji., Philippe, Laleye. (2022). 4. Sexual Maturity Scale of the Swimming Crab *Callinectes pallidus* (Rochebrune, 1883) from Lake Nokoué in South Benin, West Africa. *Annual research & review in biology*, doi: 10.9734/arrb/2022/v37i1130543
- Cusiyunca-Phoco, Edilson, Ronny., Ruiz-Espinoza, Johan., Eder, John., Collachagua-Echevarria., Lizzy, Mendoza, Jeanette., Ayala-Guevara, Karen, Janet. (2024). 2. Comparative study of the biometric characteristics, proximal macronutrient composition and fatty acid profile of 3 species of the genus *Orestias*. *Agroindustrial science*, doi: 10.17268/agroind.sci.2024.01.08
- Dietrich, M. A., Judycka, S., Słowińska, M., Kodzik, N., & Ciereszko, A. (2021). Short-term storage-induced changes in the proteome of carp (*Cyprinus carpio* L.)



spermatozoa. *Aquaculture*, 530.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735784>

- Dressel, Ramos, Sofia., Pedro, Nacib, Jorge-Neto., Helen, Colbachini., Emanuele, Almeida, Gricio., Fábio, de, Moraes, Francisco., Fabiana, Lúcia, André, Padilha., Rafael, Caprioli, Gutierrez., Letícia, Alecho, Requena., Laura, Reisfeld., Paloma, Canedo, Henrique., Roberta, Ferreira, Leite., Cristiane, Schilbach, Pizzutto. (2024). 1. Cryopreservation of Potamotrygon Stingrays' Semen: Enhancing One Conservation Effort. *Journal of zoological and botanical gardens*, doi: 10.3390/jzbg5020021
- Domínguez-Castanedo, O., Toledano-Olivares, Á., Martínez-Espinosa, D., & Ávalos-Rodríguez, A. (2014). Cambios morfológicos en gametos del barbo tigre *Puntius tetrazona* (Cypriniformes: Cyprinidae) e implementación de la fertilización in vitro. In *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN (Vol. 62, Issue 4)*.
- Dziewulska, K., Rzemieniecki, A., Baranowska-Bosiacka, I., Domagała, J. & Chlubek, D. (2012). The parameters of energetic status of the wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) spermatozoa. *Aquaculture Res.*, 43(1), 139-148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02833.x>.
- Dziewulska, Katarzyna., Pilarska, Malwina. (2023). 5. Spermatozoa motility traits of chub (*Squalius cephalus* L.) under the influence of various water factors. *The European zoological journal*, doi: 10.1080/24750263.2022.2159078
- Elmi, Alberto., Casalini, Antonio., Bertocchi, Martina., Emmanuele, Pietro., Anibaldi, Camilla., Parmeggiani, Albamaria., Govoni, Nadia., Ventrella, Domenico., Mordenti, Oliviero., Laura, Bacci, Maria. (2023). 2. Comparative evaluation of the effects of different activating media and temperatures on European eel (*Anguilla anguilla*) sperm motility assessed by computer assisted sperm analysis.. *Research in Veterinary Science*, doi: 10.1016/j.rvsc.2023.105045
- Flores, Andrés., Wiff, Rodrigo., Donovan, Carl, R., Gálvez, Patricio. (2023). 2. Applying machine learning to predict reproductive condition in fish. *Ecological Informatics*, doi: 10.1016/j.ecoinf.2024.102481



- Franco, Cruz-Jofré., Moisés, A., Valladares., Irma, Vila., Marco, A., Méndez. (2013). 2. The genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae): nomenclatural errors in the assignation of species names.. *Zootaxa*, doi: 10.11646/ZOOTAXA.3746.4.7
- Geffen, A. J., & Evans, J. P. (2000). Sperm traits and fertilization success of male and sex-reversed female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 182(1-2), 61-71
- Golotin, Vasily., Lyutikov, Anatoly., Filatova, Tatiana., Sharoyko, Vladimir., Apalikova, Olga. (2023). 3. A Rapid and Simple Procedure for the Isolation of Embryonic Cells from Fish Eggs. *Bio-protocol*, doi: 10.21769/bioprotoc.4836
- Gregorio Martínez, J., Acuicola, I., & Pardo Carrasco, S. (2010). Crioconservación de semen en peces: efectos sobre la movilidad espermática y la fertilidad. Semen Cryopreservation in Fish: Effects on Sperm Motility and Fertility. In *Acta biol. Colomb* (Vol. 15, Issue 2).
- Guerrero Quiroz, L. A., Roa Vidal, J., Moreno Martínez, J. M., Taylor Preciado, J., León Sánchez, R., & Avalos García, O. (2008). Evaluación de la calidad del semen de tilapia en reproductores (*Oreochromis spp*). *Avances en la investigación científica en CUCBA*, 537-542
- Haiqi, Chen., Yu, Jiang., Dolores, D., Mruk., C., Yan, Cheng. (2020). 3. Spermiation: Insights from Studies on the Adjudin Model.. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, doi: 10.1007/978-3-030-77779-1_12
- Hang, Yin., Zeyu, Wu., Junlai, Wu., Mingxuan, Chen., Shahbaz, Gul, Hassan. (2023). 3. A Multistep Interval Prediction Method Combining Environmental Variables and Attention Mechanism for Egg Production Rate. *Agriculture*, doi: 10.3390/agriculture13061255
- Hang, Yin., Zeyu, Wu., Junlai, Wu., Mingxuan, Chen., Shahbaz, Gul, Hassan. (2022). 2. Fertilization modes and the evolution of sperm characteristics in marine fishes: Paired comparisons of externally and internally fertilizing species. *Ecology and Evolution*, doi: 10.1002/ece3.9562.
- Hang, Yin., Zeyu, Wu., Junlai, Wu., Mingxuan, Chen., Shahbaz, Gul, Hassan. (2022). 4. Assessment of sperm motility in livestock: Perspectives based on sperm



- swimming conditions in vivo. *Animal Reproduction Science*, doi: 10.1016/j.anireprosci.2021.106849
- Hang, Yin., Zeyu, Wu., Junlai, Wu., Mingxuan, Chen., Shahbaz, Gul, Hassan. (2022). 5. Optimal sperm–egg ratios for successful fertilization using fresh and cryopreserved sperm in wild anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar* L. 1758). *Aquaculture*, doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737758
- Ibáñez H., N., & Córdova B, E. (1976). Cuatro especies nuevas de nematodos del sur del Perú y redescrición de *Hedruris Orestiae* Moniez, 1889. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 74(3–4), 231–253. <https://doi.org/10.1590/S0074-02761976000300004>
- Instituto del Mar del Perú IMARPE. (2010). Anuario Científico Tecnológico IMARPE 2010. *Instituto Del Mar Del Perú - IMARPE*. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/1966>
- Irma, Vila. (2006). 5. A New Species of Killifish in the Genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) from the Southern High Andes, Chile. *Copeia*, doi: 10.1643/0045-8511(2006)2006[472:ANSOKI]2.0.CO;2
- Judycka, S., Nynca, J., Hliwa, P., & Ciereszko, A. (2021). Characteristics and cryopreservation of semen of sex-reversed females of salmonid fish. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 22, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/ijms22020964>
- Khaled, Y., AbouelFadl, et, al.. (2024). A Comparison of the Reproductive Patterns of *Oreochromis niloticus* from Two Distinct Locations: Wadi Halfa, Sudan, and Aswan, Egypt. *Egyptian journal of aquatic biology and fisheries*, doi: 10.21608/ejabf.2024.354840
- Lanes, C. F. C., Okamoto, M. H., Bianchini, A., Marins, L. F., & Sampaio, L. A. (2010). Sperm quality of Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* throughout the reproductive season. *Aquaculture Research*, 41(9), e199–e207. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2109.2010.02501.X>



- Learch, B., & Montgomerie, R. (2002). Sperm characteristics associated with different male reproductive tactics in bluegills (*Lepomis macrochirus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 49(1-2), 31-37
- Linhart, Otomar., Cheng, Yu., Zhang, Songpei., Mohammad, Sayyed., Alavi, Hadi., Rodinova, V., D., Eskander, Nururshopa., Shazada., Zuzana, Linhartová. (2023). 4. Sperm and egg in vitro storage effects on artificial fertilization and hatching in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture Reports*, doi: 10.1016/j.aqrep.2023.101507
- Llasaca, C. E. Y. (2013). *Efecto de diferentes tiempos de criopreservación sobre la viabilidad del semen de Colossoma macropomum "gamitana"*.
- Lo Nostro, F. L., Grier, H., Meijide, F. J., & Guerrero, G. A. (2003). Ultrastructure of the testis in *Synbranchus marmoratus* (Teleostei, Synbranchidae): The germinal compartment. *Tissue and Cell*, 35(2), 121–132. [https://doi.org/10.1016/S0040-8166\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0040-8166(03)00011-9)
- Loayza Apaza. (2009). *COMPARACIÓN DE LA INCUBACIÓN DE OVAS DE PUNKU (Orestias luteus) EN CONDICIONES DE LABORATORIO E IN SITU*.
- Loayza, E., Muñoz-Saravia, A., De Troch, M., Hendriks, W. H., & Janssens, G. P. J. (2023). Detailed whole-body nutrient analysis identifies differences in feeding ecology between related fish species: The case of *Orestias* native Andean killifish in Lake Titicaca. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107(5). <https://doi.org/10.1111/jpn.13831>
- López, Carlos., De los Ríos, Patricio., Rivadeneira, Juan, Francisco., Moncayo, Rodrigo., Figueroa-Muñoz, Guillermo. (2023). Trophic Ecology of Endemic Andean Killifish (*Orestias* Species Complexes): A Review. doi: 10.20944/preprints202310.1511.v1
- Mamani Ochochoque, J., & Méndez Ancca, S. (2016). Producción de alevinos en *Orestias luteus* (carachi amarillo) mediante reproducción artificial con alimentación natural para su conservación en el lago Titicaca, Puno-Perú. *Campus*, 21(22), 165–171. <https://doi.org/10.24265/CAMPUS.2016.V21N22.03>



- Mamani-Ochochoque, J., Atencio-Hancco, Y. K., Huanca-Ramos, E. U., Quispe-Quispe, M. J., & Argota-Pérez, G. (2023). Viabilidad de *Orestias luteus* Valenciennes, 1846 con dependencia alimentaria del saco vitelino. *Biotempo*, 20(1). <https://doi.org/10.31381/biotempo.v20i1.5722>
- Mamani-Ochochoque, J., Atencio-Limachi, S., Medrano-Moreno, C. S., Hancco-Aguilar, N., Paredes-Mamani, L. D., & Argota-Pérez, G. (2022). ALIMENTACIÓN EXÓGENA LARVARIA Y SUPERVIVENCIA DE ORESTIAS LUTEUS VALENCIENNES, 1846 EN CONDICIONES CONTROLADAS. *Paideia XXI*, 12(2). <https://doi.org/10.31381/paideiaxxi.v12i2.5011>
- Martino, G. (2006). Primeros ensayos sobre críopreservación de semen de Cachama *Colossoma macropomun* y Morocoto *Piaractus brachypomus*. . *IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*.
- Matthew, Heydenrych., Alyssa, M., Budd., Benjamin, T., Mayne., Simon, Jarman. (2024). 1. A genomic predictor for age at sexual maturity for mammalian species. *Evolutionary Applications*, doi: 10.1111/eva.13635
- Mayer, Ian., Pšenička, Martin. (2024). Conservation of teleost fishes: application of reproductive technologies. *Theriogenology wild*, doi: 10.1016/j.therwi.2024.100078
- Medina-Robles, V. M., Duarte-Trujillo, A. S., & Cruz-Casallas, P. E. (2020). Crioconservación seminal en peces de agua dulce: aspectos biotecnológicos, celulares y bioquímicos. *Orinoquia*, 24(2). <https://doi.org/10.22579/20112629.630>
- Merino, O., Figueroa, Elías., Valdebenito, Iván., Risopatrón, Jennie., Merino, Maxsihel., Farías, Jorge, G. (2024). 1. Change in the swimming pattern of *Salmo salar* spermatozoa caused by the high temperature of the sperm motility activation medium.. *Theriogenology*, doi: 10.1016/j.theriogenology.2024.02.008
- Merino, O., Risopatrón, Jennie., Valdebenito, Iván., Figueroa, Elías., Farías, Jorge, G. (2022). 4. Effect of the temperature of activation medium on fish sperm quality: Impact on fertilization in vitro in aquaculture practice. *Reviews in Aquaculture*, doi: 10.1111/raq.12729.



- Mignien, Lucas., Stoll, Stefan. (2024). Reproductive success of stream fish species in relation to high and low flow patterns: The role of life history strategies and species traits. *Science of The Total Environment*, doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.174366
- Montes, Garrido, Rafael., Riesco, Marta, F., López, L., Anel., Montero, Marta, Neila., Palacin, Martinez, Cristina., Boixo, J.C., de Paz, Paulino., Ortega, Ferrusola, Cristina., Hassan, Mohamed., Anel, Luis., Alvarez, Mercedes. (2022). 7. Application of ultrasound technique to evaluate the testicular function and its correlation to the sperm quality after different collection frequency in rams. *Frontiers in Veterinary Science*, doi: 10.3389/fvets.2022.1035036
- Montesinos, J. A., Serrano, E., Tantaleán, V. M., Yañez, J., & Flores, R. (2022). Ultra-structural characterization of *Diplostomum* sp metacercarian in *Orestias luteus* from Lake Titicaca, Peru. *Revista Veterinaria*, 33(2). <https://doi.org/10.30972/vet.3326184>
- Morales, P., Gajardo, F., Valdivieso, C. et al. Los genomas de los peces cachorros *Orestias* del Altiplano andino arrojan luz sobre su historia evolutiva y relaciones filogenéticas dentro de Cyprinodontiformes. *BMC Genómica* 25, 614 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12864-024-10416-w>
- Moreno, P., Médico Veterinario, N., Mendoza, G., & Fernando Médico Veterinario Zootecnista, D. (2012). CORRELACIÓN ENTRE DIÁMETRO TESTICULAR Y CALIDAD ESPERMÁTICA EN OVINOS CRIOLLOS DEL MUNICIPIO DE SORACÁ, BOYACÁ. In *Conexión Agropecuaria JDC* (Vol. 2).
- Muller, Chris, G., Chilvers, B., Louise, French, Rebecca, K., Battley, P., F. (2024). Variable breeding success and its implication in the conservation of endangered yellow-eyed penguin (*Megadyptes antipodes*) at the New Zealand subantarctic Auckland Islands. *Aquatic Conservation-marine and Freshwater Ecosystems*, doi: 10.1002/aqc.4143
- Mussa, N., Boonkum, Wuttigrai., Chankitisakul, Vibuntita. (2023). 5. Semen Quality Traits of Two Thai Native Chickens Producing a High and a Low of Semen Volumes. *Veterinary sciences*, doi: 10.3390/vetsci10020073



- Narud, Birgitte., Aziz, Khezri, Abdol., Tewoldebrhan, Zeremichael, Teklu., Eriksen, Anne-Lene., Grevle, Inger, S., Nordborg, Anna., Klinkenberg, Geir., Wilson, Robert, C., Kommisrud, Elisabeth. (2023). Sperm quality parameters, fertilizing potential, metabolites, and DNA methylation in cold-stored and cryopreserved milt from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Frontiers in Genetics*, doi: 10.3389/fgene.2023.1199681
- Narud, Birgitte., Aziz, Khezri, Abdol., Tewoldebrhan, Zeremichael, Teklu., Eriksen, Anne-Lene., Grevle, Inger, S., Nordborg, Anna., Klinkenberg, Geir., Wilson, Robert, C., Kommisrud, Elisabeth. (2022). Fertilization modes and the evolution of sperm characteristics in marine fishes: Paired comparisons of externally and internally fertilizing species. *Ecology and Evolution*, doi: 10.1002/ece3.9562
- Nolan, P., Banish. (2024). 1. Comparison of Gravimetric and Volumetric Methods to Estimate Brook Trout (*Salvelinus Fontinalis*) Fecundity. *Northwest Science*, doi: 10.3955/046.097.0105
- Nurlaili, Nurlaili., Itsnatani, Salma., Kartini, Eriani., Siti, Maulida., Zainal, A., Muchlisin. (2022). 4. The effect of cryoprotectant on the viability and motility of goldfish *Carassius aurtus* sperm after 48 hours refrigerated. *Depik: Jurnal Ilmu-ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, doi: 10.13170/depik.11.3.28480
- Nynca, J., Judycka, S., Liszewska, E., Dobosz, S., Krzyś, M., & Ciereszko, A. (2021). Effect of double freezing fish semen on sperm motility and fertility. *Aquaculture*, 530. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735782>
- Ocalewicz, Konrad. (2023). 4. Quality of fish eggs and production of androgenetic and gynogenetic doubled haploids (DHs).. *Fish Physiology and Biochemistry*, doi: 10.1007/s10695-023-01206-4
- Oksana, Kuzmenko., N., Vovk. (2023). 4. Biological peculiarities of artificial reproduction of sturgeons (*Acipenseriformes*) (a review). *Ribogospodars'ka Nauka Ukraïni*, doi: 10.15407/fsu2023.03.057
- Osorio Pérez, A., & Arias Rodriguez, L. (2019). LOS ESPERMATOZOIDES DE LOS PECES. *Kuxulkab'*, 26(54). <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a26n54.2942>



- Pablo, Rojas., Sergio, Scott., Ignacio, Tobar., Úrsula, Romero., Irma, Vila. (2020). 4. Head morphometry of Orestias (Cyprinodontiformes). Response to extreme Southern Altiplano systems. *Environmental Biology of Fishes*, doi: 10.1007/S10641-020-00997-2
- Pamela, Morales., Felipe, Gajardo., Camilo, Valdivieso., Moisés, A., Valladares., Alex, Di, Genova., Ariel, Orellana., Rodrigo, A., Gutiérrez., Mauricio, González., Martín, Montecino., Alejandro, Maass., Marco, A., Méndez., Miguel, L., Allende. (2024). 1. Genomes of the Orestias pupfish from the Andean Altiplano shed light on their evolutionary history and phylogenetic relationships within Cyprinodontiformes. *BMC Genomics*, doi: 10.1186/s12864-024-10416-w
- Pashko, S., Tretiak, O., Pashko, M., Kolos, O., Hankevych, B. (2023). 1. The results of obtaining eggs from brood sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) at first maturity grown in industrial conditions. *Ribogospodars'ka Nauka Ukraïni*, doi: 10.61976/fsu2023.04.069
- Pinheiro, Santos, Jadson., Melo, Almeida, Simone de Jesus., Cunha, Costa, Claryce., Gomes, Teixeira, Erivânia., Cristofore, Guimarães, Erick., Silva de Brito, Pâmella., Polivanov, Ottoni, Felipe., Nonata, Fortes, Raimunda., Neta, Carvalho. (2022). 3. Changes in sperm motility of amazonian fish *Tambaqui Colossoma macropomum* (Cuvier 1816) (Characiformes: Serrasalminidae) exposed to two pesticides. *Biota Neotropica*, doi: 10.1590/1676-0611-bn-2023-1471
- Quispe, D. P., & Flores, M. M. (2019). Consumo de *Orestias agassii* y *Orestias luteus* “Carachi” en la ciudad de Puno. *Investigación Universitaria UNU*, 9(1).
- Radosław, Kajetan, Kowalski., Beata, Irena, Cejko. (2019). 1. Sperm quality in fish: Determinants and affecting factors. *Theriogenology*, doi: 10.1016/J.THERIOGENOLOGY.2019.06.009
- Ramirez-Merlano, C., & Robles, M. (2010). *Criocervación espermática en peces, un acercamiento en Siluriformes Orinoquia*. 14, 59–71. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89615714007>
- Ramírez-Merlano, J., Medina-Robles, V., & Cruz-Casallas, P. (2011). Criocervación seminal de bagre rayado *Pseudoplatystoma metaense* (Teleostei, Pimelodidae),



- bajo diferentes protocolos de congelación. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 43(2), 135–144. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2011000200006>
- Rana K. (1995). Preservation of gametes. In: Bromage NR, Roberts RJ (eds) Broodstock management and egg and larval quality. . *Blackwell Science, Oxford*.
- Rodríguez, G. G. (1992). *Técnicas de Evaluación Cuantitativa de la Madurez Gonádica en Peces – ScienceOpen*. <https://www.scienceopen.com/book?vid=2257ed1f-2bdd-4951-96f7-ebf1e33b8425>
- Rojas, Pablo, M., Castro, Sergio, A., Vila, Irma., Jaksic, Fabián, M. (2024). 1. Differential response of the components of functional diversity in Orestias fishes (Cyprinodontidae) of the High Andean Plateau. *Global Ecology and Conservation*, doi: 10.1016/j.gecco.2024.e02940
- Rurangwa, E., Kime, D. E., Ollevier, F., & Nash, J. P. (2004). The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture*, 234(1–4), 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.006>
- Sanchez, M. & R. Billard. (1977). Conservation de la motility et du pouvoir fecondant du sperme de truite arc en ciel maintenu a des temperatures voisines de 0°C. *Bull.Fran.Piscic*. 265:145-152
- Slusar, Mykola., Muzhenko, A., V., Kovalchuk, Irina., Borshchenko, Valeriy., Verbelchuk, Tetiana. (2023). 2. Study of the embryonic period of female crayfish egg development in different species. *Наукові горизонти*, doi: 10.48077/scihor12.2023.22
- Songpei, Zhang., Yu, Cheng., Pavlína, Věchtová., Sergii, Boryshpolets., Nururshopa, Eskander, Shazada., Sayyed, Mohammad, Hadi, Alavi., Jacky, Cosson., Otomar, Linhart. (2022). Potential implications of sperm DNA methylation functional properties in aquaculture management. *Reviews in Aquaculture*, doi: 10.1111/raq.12735
- Tabares, C. J., Tarazona, A. M. & Olivera-Ángel, M. (2005). Fisiología de la activación del espermatozoide en peces de agua dulce. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.*, 18(2), 149-161



- Takeru, Ishizaki., Daisuke, Tanaka., Kojiro, Ishibashi., Kenji, Takahashi., Eishu, Hirata., Kosuke, Kuroda. (2024). 1. Cell Damage Mechanisms during Cryopreservation in a Zwitterion Solution and Its Alleviation by DMSO.. *Journal of Physical Chemistry B*, doi: 10.1021/acs.jpcc.3c07773
- Tringali, Michael, D., Lowerre-Barbieri, Susan, K. (2023). Reproductive resilience or sweepstakes recruitment? Assessing drivers of lifetime reproductive success in exploited marine fish. *Fish and Fisheries*, doi: 10.1111/faf.12784
- Valerievna, Firsova, Angelina., Alexandrovna, Polovinkina, Mariya., V., Osipova., Elena, Nikolaevna, Ponomareva. (2023). 3. Optimization of the cryoprotector composition for the preservation of African catfish reproductive cells. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, doi: 10.24143/2073-5529-2023-3-47-56
- Varela Junior, A. S., Corcini, C. D., Streit Jr., D. P., Rizzoto, G., Jardim, R. D., Lucia JR., T., & Figueiredo, M. R. C. (2012). EFEITO CRIOPROTETOR DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO DIMETILSULFÓXIDO NO CONGELAMENTO DE SÊMEN DE TAMBAQUI *Colossoma macropomum*. *Atlântica*, 34(2), 129–137. <https://doi.org/10.5088/ATL.2012.34.2.129>
- Viveiros, A. T. M., Oliveira, A. V., Maria, A. N., Orfão, L. H., & Souza, J. C. (2009). Sensibilidade dos espermatozoides de dourado (*Salminus brasiliensis*) a diferentes soluções crioprotetoras. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61(4), 883–889. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000400016>
- Watson, P. (1995). Recent developments and concepts in the cryopreservation of spermatozoa and the assessment of their post-thawing function. *Reproduction, Fertility and Development*, 7(4), 871. <https://doi.org/10.1071/RD9950871>
- Wylie, Matthew, J., Kitson, Jane., Russell, Khyla., Yoshizaki, Goro., Yazawa, Ryosuke., Steeves, Tammy, E., Wellenreuther, Maren. (2023). 5. Fish germ cell cryobanking and transplanting for conservation.. *Molecular Ecology Resources*, doi: 10.1111/1755-0998.13868
- Zhang, G., M., Liu, P., H., Chen, Lijun., Zheng, Jianming., Zhao, Guiping., Wu, Xing., Wen, Jie., LI, Qing-he. (2023). 2. Genome-wide association study identifies



variants associated with semen volume in white-feathered broilers. *Animal Genetics*, doi: 10.1111/age.13358

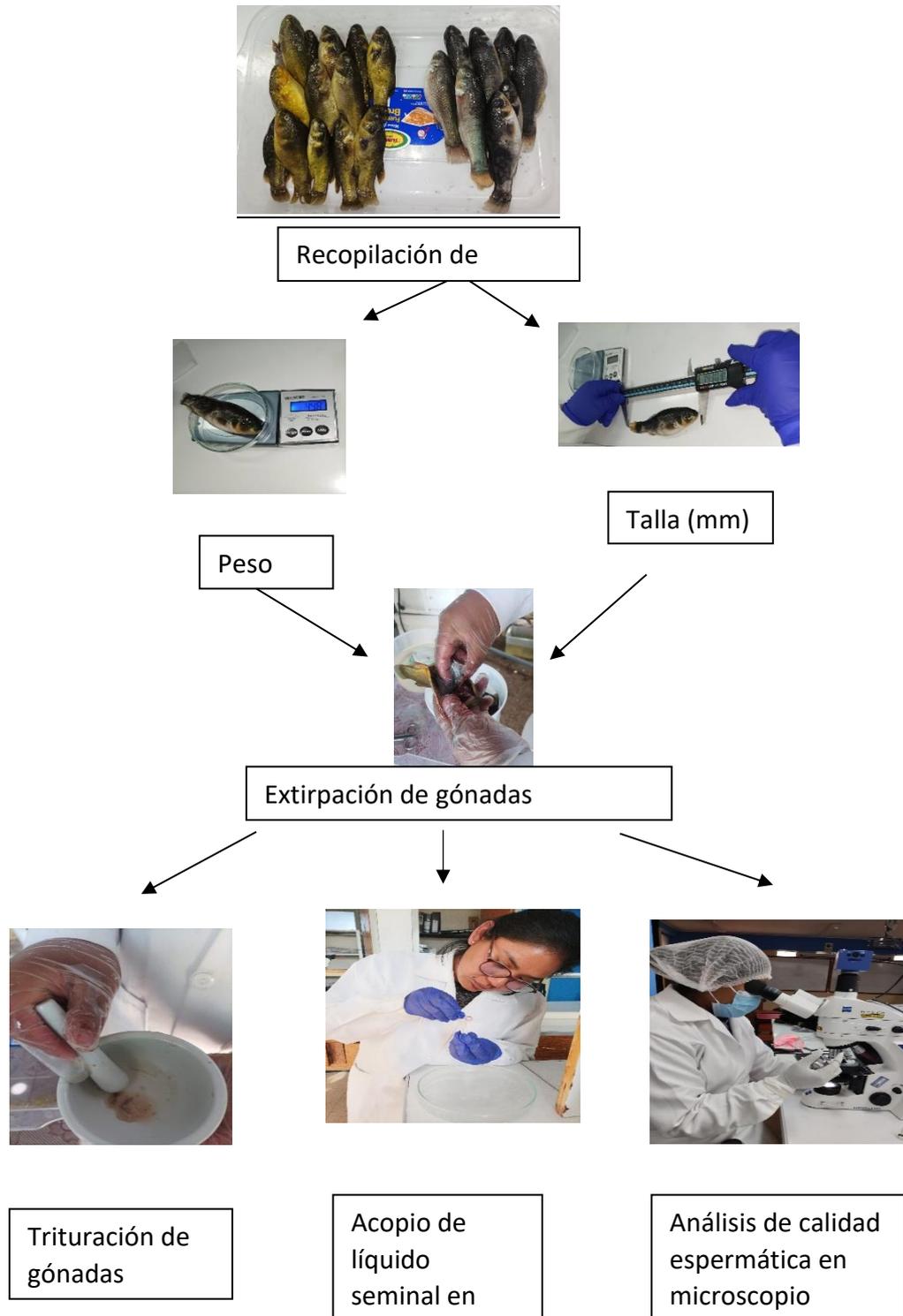
Zhou, R., Chen, Y., Yang, S., Luo, K., Yang, C., Zhao, R., Qin, Q., & Liu, S. (2023). Molecular characterization of diploid YY sperm related to its developmental advantages. *Aquaculture*, 570. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739397>

Zohar, Y., & Mylonas, C. (2001). Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: From hormones to genes. *Aquaculture*, 197(1-4), 99-136.

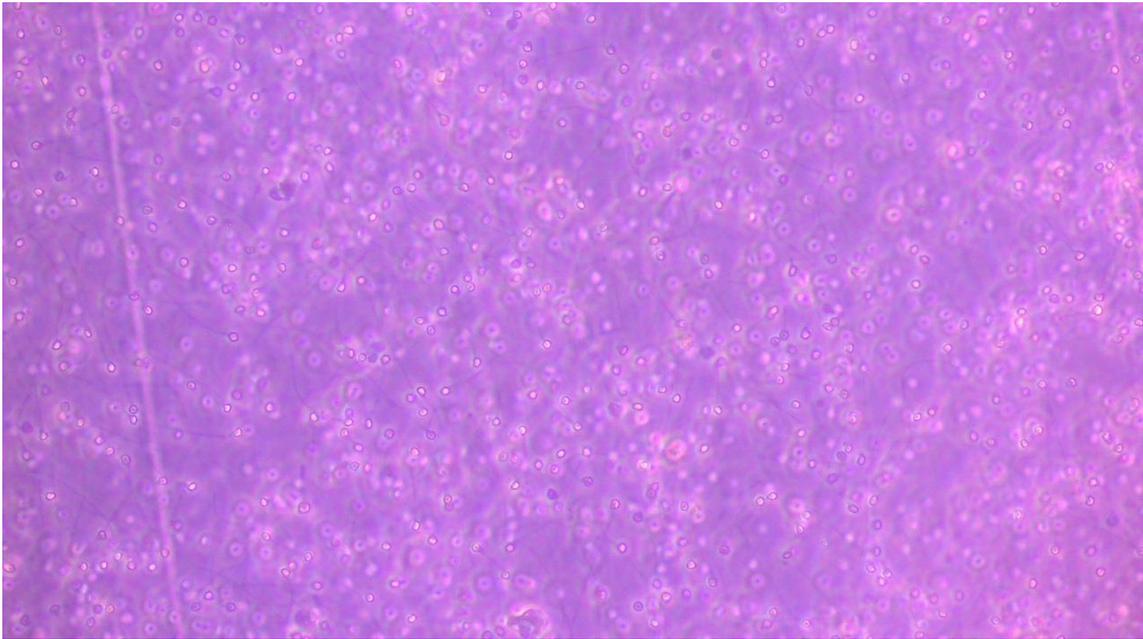
Zuñiga G. (1998). Cordados.Puno: Mundialito

ANEXOS

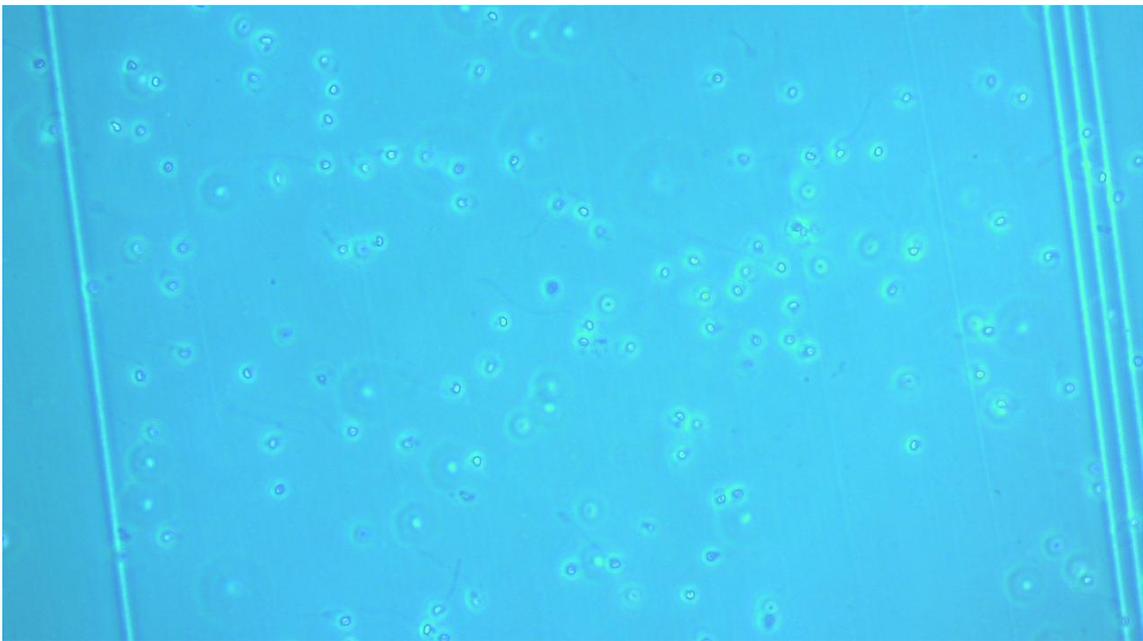
ANEXO 1. Procesamiento de las muestras para el análisis de calidad espermática



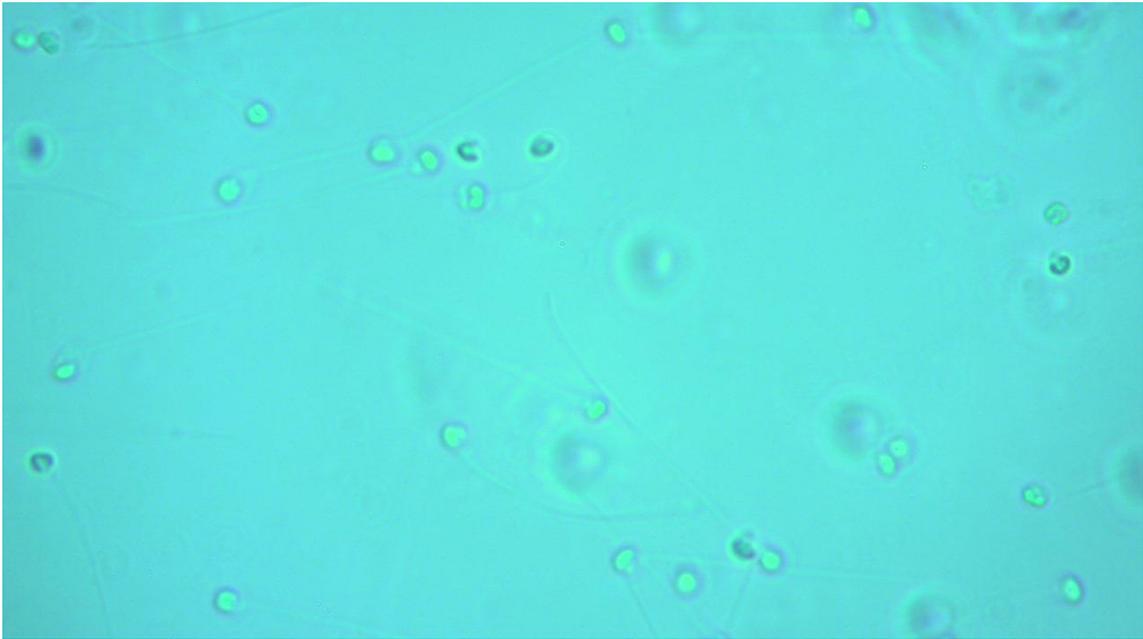
ANEXO 2. Observación directa de espermatozoides sin dilución



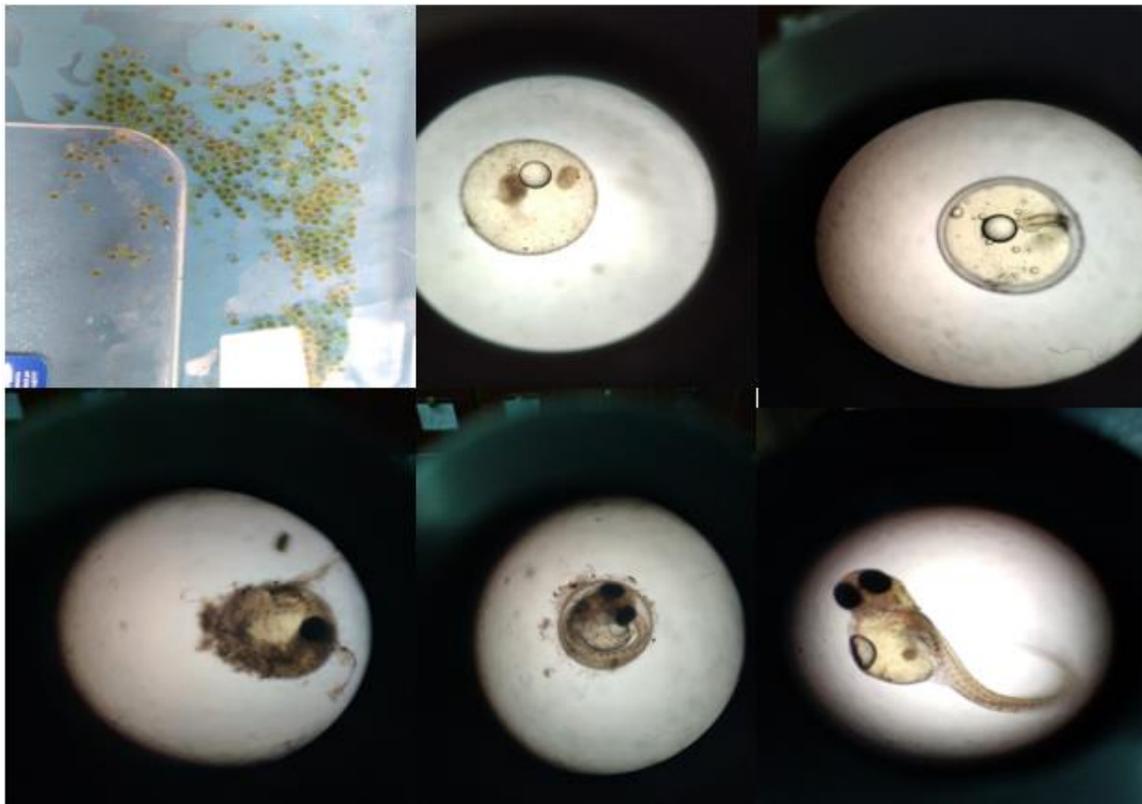
ANEXO 3. Observación de células espermáticas con dilución de 1/100



ANEXO 4. Morfología de las células espermáticas de Orestias



ANEXO 5. Desarrollo embrionario de Orestias





ANEXO 6. Espermatozoides por ml en Carachi amarillo

Individuo	Volumen seminal	Espermatozoides prom. /cuadrante	Espermatozoides/ ml Factor de dilución 1:100 (x10 ⁶)	Espermatozoides/eyaculacion	Numero de espermatozoide/ reproductor
1	0.27	64.75	64.75 x 10 ⁶	17.48 x 10 ⁶	17,482 500
2	0.25	54.00	54.00 x 10 ⁶	13.50 x 10 ⁶	13,500,000
3	0.30	52.75	52.75 x 10 ⁶	15.8 x 10 ⁶	15,825,000
4	0.35	52.50	52.50 x 10 ⁶	18.37 x 10 ⁶	18,375,000
5	0.50	48.50	48.50 x 10 ⁶	24.25 x 10 ⁶	24,250,000
6	0.25	44.00	44.00 x 10 ⁶	11.0 x 10 ⁶	11,000,000
7	0.28	54.75	54.75 x 10 ⁶	15.33 x 10 ⁶	15,330,000
8	0.30	40.25	40.25 x 10 ⁶	12.07 x 10 ⁶	12,075,000
9	0.40	45.75	45.75 x 10 ⁶	18.30x 10 ⁶	18,300,000
10	0.45	49.50	49.50 x 10 ⁶	22.27 x 10 ⁶	22,275,000
11	0.36	54.00	54.00 x 10 ⁶	19.44 x 10 ⁶	19,440,000
12	0.30	48.50	48.50 x 10 ⁶	14.55 x 10 ⁶	14,550,000
13	0.25	60.75	60.75 x 10 ⁶	15.18x 10 ⁶	15,187,500
14	0.40	46.50	46.50 x 10 ⁶	18.60x 10 ⁶	18,600,000
15	0.35	61.00	61.00 x 10 ⁶	21.35x 10 ⁶	21,350,000
16	0.40	42.50	42.50 x 10 ⁶	17.00x 10 ⁶	17,000,000
17	0.28	66.50	66.50 x 10 ⁶	18.62x 10 ⁶	18,620,000
18	0.27	48.50	48.50 x 10 ⁶	13.09x 10 ⁶	13,095,000
19	0.25	52.25	52.25 x 10 ⁶	13.06x 10 ⁶	13,062,500
20	0.27	39.25	39.25 x 10 ⁶	10.59x 10 ⁶	10,597,500
21	0.26	76.00	76.00 x 10 ⁶	19.76x 10 ⁶	19,760,000
22	0.40	52.50	52.50 x 10 ⁶	21.00 x 10 ⁶	21,000,000
23	0.38	66.50	66.50 x 10 ⁶	25.27x 10 ⁶	25,270,000
24	0.26	68.75	68.75 x 10 ⁶	17.87x 10 ⁶	17,875,000
25	0.30	49.50	49.50 x 10 ⁶	14.85x 10 ⁶	14,850,000
Promedio	0.32	53.59	53.59 x 10 ⁶	17.14 x 10 ⁶	17,148,800



ANEXO 7. Espermatozoides por ml en Carachi gris

Individuo	Volumen seminal	Espermatozoides prom./cuadrante	Espermatozoides en 0.01 ml Factor de dilución 1:100 (x10 ⁶)	Espermatozoide s/eyacuacion	Numero de espermatozoid e/ reproductor
1	0.42	59.75	59.75 x 10 ⁶	25.10 x 10 ⁶	25,095,000
2	0.40	58.00	58.00 x 10 ⁶	23.20x 10 ⁶	23,200,000
3	0.30	59.25	59.25 x 10 ⁶	17.78x 10 ⁶	17,775,000
4	0.34	71.75	71.75 x 10 ⁶	24.40x 10 ⁶	24,395,000
5	0.36	67.00	67.00 x 10 ⁶	24.12x 10 ⁶	24,120,000
6	0.45	50.75	50.75 x 10 ⁶	22.84 x 10 ⁶	22,837,500
7	0.40	41.75	41.75 x 10 ⁶	16.70x 10 ⁶	16,700,000
8	0.28	71.00	71.00 x 10 ⁶	19.88x 10 ⁶	19,880,000
9	0.32	66.00	66.00 x 10 ⁶	21.12x 10 ⁶	21,120,000
10	0.42	56.25	56.25 x 10 ⁶	23.63x 10 ⁶	23,625,000
11	0.43	43.00	43.00 x 10 ⁶	18.49x 10 ⁶	18,490,000
12	0.29	50.50	50.50 x 10 ⁶	14.65x 10 ⁶	14,645,000
13	0.42	47.75	47.75 x 10 ⁶	20.06x 10 ⁶	20,055,000
14	0.54	52.50	52.50 x 10 ⁶	28.35x 10 ⁶	28,350,000
15	0.47	57.50	57.50 x 10 ⁶	27.03x 10 ⁶	27,025,000
16	0.49	48.00	48.00 x 10 ⁶	23.52x 10 ⁶	23,520,000
17	0.36	53.50	53.50 x 10 ⁶	19.26x 10 ⁶	19,260,000
18	0.39	50.25	50.25 x 10 ⁶	19.60x 10 ⁶	19,597,500
19	0.39	53.25	53.25 x 10 ⁶	20.77x 10 ⁶	20,767,500
20	0.52	49.75	49.75 x 10 ⁶	25.87x 10 ⁶	25,870,000
21	0.45	59.25	59.25 x 10 ⁶	26.66x 10 ⁶	26,662,500
22	0.47	44.50	44.50 x 10 ⁶	20.92x 10 ⁶	20,915,000
23	0.39	48.75	48.75 x 10 ⁶	19.01x 10 ⁶	19,012,500
24	0.39	52.25	52.25 x 10 ⁶	20.38x 10 ⁶	20,377,500
25	0.41	53.25	53.25 x 10 ⁶	21.83x 10 ⁶	21,832,500
Promedio	0.40	54.62	54.62 x 10 ⁶	22.07x 10 ⁶	22,066,480



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



CENTRO EXPERIMENTAL CHUCUITO
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
ALTIPLANO – PUNO.



**CONSTANCIA DE EJECUCIÓN DE
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El que suscribe, Director del Centro Experimental Chucuito de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

HACE CONSTAR. -

Que, la Bachiller **AMERICA MACHACA MAMANI**, identificada con DNI N° 73511834, ha ejecutado su trabajo de investigación intitulado **“EVALUACION DE LA CALIDAD ESPERMATICA DEL CARACHI AMARILLO (*Orestias luteus*) Y CARACHI GRIS (*Orestias agassi*) PARA LA REPRODUCCION ARTIFICIAL EN EL CIBPS – CHUCUITO PUNO, 2023”**, realizado en el Centro Experimental Chucuito, sede Barco, desde el 20 de mayo al 15 de diciembre del 2023.

Se expide la siguiente constancia a solicitud de la interesada, para los fines que estimen por conveniente.

Puno, 21 de diciembre del 2023.



M.Sc. Edwin P. Orta Rivas
DIRECTOR
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN
DE BIENES Y SERVICIOS CHUCUITO

Col/Arch.



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

Por el presente documento, Yo AMERICA MACHACA MAMANZ identificado con DNI 73511839 en mi condición de egresado de:

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

DE BIOLOGÍA

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

“EVALUACION DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DEL CARACHI AMARILLO (Orestias luteus) Y CARACHI GRIS (Orestias agassii) PARA LA REPRODUCCION ARTIFICIAL EN EL CIBPS- CHUCUZTO PUNO, 2023”

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 12 de Diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo AMERICA MACHACA MAHANI
identificado con DNI 73511839 en mi condición de egresado de:

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

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" EVALUACION DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA DEL CARACHI AMARILLO
(Orestias luteus) Y CARACHI GRIS (Orestias agassii) PARA LA REPRODUCCION
ARTIFICIAL EN EL CIBPS - CHUCUITO PUNO, 2023 "

Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 12 de Diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella