

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL E INCUBACIÓN *IN SITU*
DEL PEJERREY (*Odonthestes bonariensis*) DE CUATRO DIFERENTES TALLAS
EN LA LOCALIDAD DE CHAGUAYA PROVINCIA CAMACHO,
DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Por:

Desiderio Mamani Alarcón

EL ALTO – BOLIVIA

Abril, 2016

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL E INCUBACIÓN *IN SITU* DEL PEJERREY
(*Odonthestes bonariensis*) DE CUATRO DIFERENTES TALLAS EN LA LOCALIDAD DE CHAGUAYA
PROVINCIA CAMACHO, DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

*Tesis de Grado presentado como requisito
para optar el Título de Ingeniero en
Ingeniería Agronómica*

Desiderio Mamani Alarcón

Asesor:

M.Sc. Víctor Antonio Castañón Rivera

Tribunal Revisor:

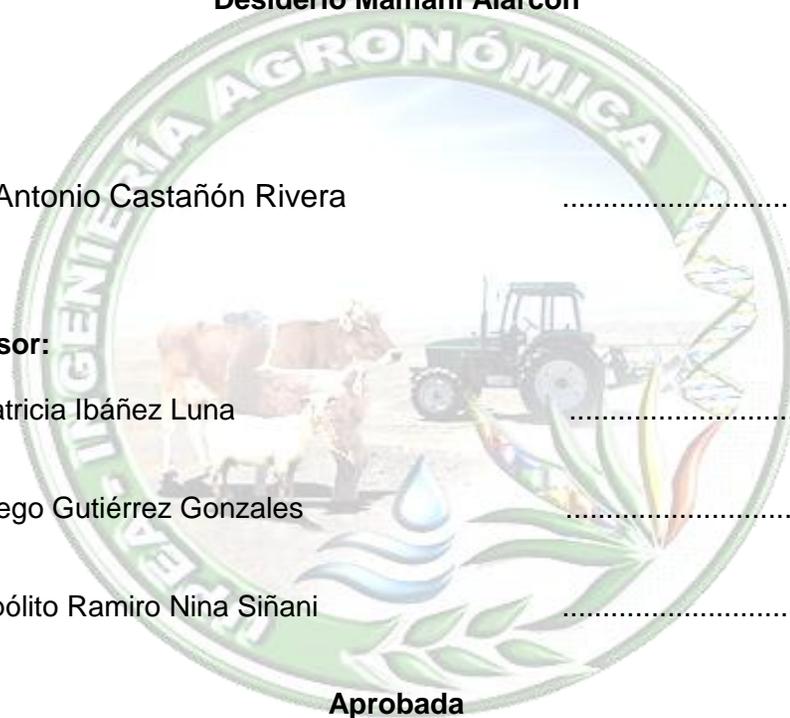
Ph.D. Carla Patricia Ibáñez Luna

M.Sc. Eddy Diego Gutiérrez Gonzales

Ing. M.V.Z. Hipólito Ramiro Nina Siñani

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A Dios, por sobre todas las cosas, que nos da el valor para seguir hacia adelante.

A mi papá Ascencio y mi mamita Viviana (†), por las palabras de aliento, su sueño era ver profesional a su hijo.

A toda mi familia, a mi querida esposa Rosmery por tu constante apoyo amor y paciencia.

A mis hijos Alina, Mariela y Raymi, que son la razón de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A todos los que formaron parte del trabajo de investigación y por la amistad brindada para seguir hacia adelante.

A la Carrera de Agronomía de la Universidad Pública y Autónoma de El Alto por albergarme en sus aulas y formado como profesional.

A mi asesor Ing. Víctor Antonio Castañón Rivera por su orientación y la atención prestada e infinidad de detalles en el presente trabajo de investigación.

A los miembros del tribunal, revisor Ph.D. Carla P. Ibáñez L., M.Sc. Eddy D. Gutiérrez G. y al Ing. Hipólito R. Nina S. por las correcciones realizadas pacientemente dedicando parte de su tiempo su experiencia y profesionalismo al presente documento.

Al Director de la Carrera Ingeniería Agronómica Ing. Laoreano Coronel Quispe por sus consejos y su amistad.

A los Ing. Ramiro Raúl Ochoa, Santiago Morales Maldonado, Pedro Mamani M. y Betty Mollisaca por el apoyo y conocimiento realizado en el documento de investigación.

A toda la directiva del Centro de Estudiantes de la Carrera Ingeniería Agronómica, al compañero amigo Walter Choque M. por su contribución al documento.

A los Ingenieros Carlos Copa, Oscar Ticona, Víctor Ardaya, Andrés Loayza y Freddy Mendoza en compartir sus conocimientos en el presente trabajo de tesis.

A los Señores Juan Paucara, Mario Paucara y Justina Flores por su apoyo, comprensión y ver cumplida esta meta.

Al señor Calixto Nina Ejecutivo Provincial de la Provincia Camacho agradecer por su aporte y experiencia como pescador y permitirme realizar la investigación en su Asociación Pesquera Huancatapi.

A todas las Asociaciones pesqueras de las Provincias Camacho, Omasuyos, Los Andes, Ingavi y Manco Kapac aledañas al lago Titicaca por el apoyo fraternal recibida con el Proyecto Preservación y Aprovechamiento Sostenible de Recursos Ícticas Nativas en el lago Titicaca.

A todos mis compañeros y amigos de la carrera Ingeniería Agronómica, por el apoyo fraternal recibida por los buenos y malos momentos compartidos en los años de estudio.

CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE TEMAS	i
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
INDICE DE ANEXOS.....	vi
ABREVIATURAS.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRAC	ix

INDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivo Específicos	2
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1. El Lago Titicaca	3
2.2. Ecosistema del lago Titicaca	4
2.3. Recursos naturales del ecosistema del lago Titicaca.....	4
2.4. Dificultades dentro el ecosistema del lago Titicaca.....	5
2.5. Flora del lago Titicaca	5
2.5.1. Fauna del lago Titica	6
2.6. El lago Titicaca como hábitat de peces	7
2.7. Biodiversidad de las especies icticas del lago Titicaca.....	7
2.7.1. Características generales de la pesca en el lago Titicaca	8
2.8. El pejerrey	9
2.8.1. Historia.....	9
2.8.2. Descripción del pez.....	10

	iii
2.9. Nombre y clasificación taxonómica del pejerrey	10
2.10. Pejerrey (<i>Odonthestes bonariensis</i>).....	11
2.11. Hábitat del pejerrey	11
2.12. Alimento del pejerrey	12
2.13. Morfología externa.....	12
2.13.1. Esqueleto	14
2.13.2. Aparato digestivo	15
2.13.3. Aparato respiratorio	16
2.13.4. Aparato circulatorio.....	17
2.13.5. Vejiga natatoria.....	17
2.13.6. Órganos de los sentidos	17
2.13.7. Aparato urinario.....	18
2.13.8. Aparato reproductor.....	18
2.14. Reproducción artificial del pejerrey	19
2.14.1. Ovas	19
2.14.2. Larvas.....	19
2.14.3. Madurez sexual.....	20
2.14.4. Desove.....	20
2.14.6. Fecundación	21
2.14.7. Incubación	22
2.14.8. Alevinos	22
2.14.9. Incubadora artesanal de madera	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Localización	24
3.2. Materiales.....	24
3.2.1. Material biológico	24
3.2.2. Material de campo	25
3.3. Metodología	25
3.3.2. Obtención del material biológico	27
3.4. Evaluación estadística	34
3.5. Distribución de tratamientos	34
3.6. Variables de respuesta.....	35

	iv
3.6.1. Estructura de tallas	35
3.6.3. Tiempo de incubación.....	36
3.6.4. Porcentaje de eclosión.....	36
3.6.5. Costos de producción de alevinos.....	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	37
4.1. Estructura de talla	37
4.1.1. Estructura de tallas para hembras y grado de madurez sexual	37
4.1.2. Estructura de tallas para machos.....	39
4.2. Número de ovas por reproductor hembra	42
4.2.1. Tasa de fecundación	43
4.2.2. Incubación	46
4.3. Tiempo de incubación.....	47
4.3.1. Fases de incubación	49
4.4. Análisis físico – químicos del agua.....	49
4.4.1. Temperatura.....	50
4.4.2. Oxígeno disuelto (O.D.).....	51
4.4.3. Potencial Hidrógeno (pH).....	52
4.5. Mortalidad	53
4.6. Eclosión	55
4.6.1. Problemas ictiosanitarios	57
4.7. Análisis económico.....	58
5. CONCLUSIONES.....	60
6. RECOMENDACIONES	62
7. BIBLIOGRAFIA.....	63

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Especies icticas del lago Titicaca	7
Cuadro N° 2. Tallas de los reproductores	34
Cuadro N° 3. Pesos y promedio de tallas para hembras	38
Cuadro N° 4. Distribución de reproductores hembras por tratamiento	39
Cuadro N° 5. Pesos y promedio de tallas para machos	40
Cuadro N° 6. Tabla de frecuencias de reproductores machos	41
Cuadro N° 7. Cantidad de ovas maduras obtenidas por reproductor	42
Cuadro N° 8. Cantidad de reproductores por talla	42
Cuadro N° 9. Porcentaje de fecundación	43
Cuadro N° 10. Total de ovas fecundadas e incubadas	44
Cuadro N° 11. Análisis de varianza para la fecundación	45
Cuadro N° 12. Prueba de medias para fecundación	45
Cuadro N° 13. Análisis de varianza para tiempo de Incubación	47
Cuadro N° 14. Proceso embrionario	48
Cuadro N° 15. Porcentaje de mortalidad por tratamiento	54
Cuadro N° 16. Porcentaje de eclosión	55
Cuadro N° 17. Costos de operación	59

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. El Lago Titicaca	3
Figura N° 2. El Pejerrey (<i>Odonthestes bonariensis</i>).....	9
Figura N° 3. El Pejerrey del lago (<i>Odonthestes bonariensis</i>).....	11
Figura N° 4. Morfología externa del pejerrey.....	12
Figura N° 5. Aparato digestivo del pejerrey.....	15
Figura N° 6. Branquias del pejerrey	16
Figura N° 7. Gónada femenina.	18
Figura N° 8. Ubicación geográfica de chaguaya.	24
Figura N° 9. Reproductores adquiridos.....	27
Figura N° 10. Rangos de tallas de los peces y sus diferentes tratamientos.	28
Figura N° 11. Extracción de ovas.....	11
Figura N° 12. Extracción del testículo	30
Figura N° 13. Fecundación de ovas.....	32
Figura N° 14. Conteo de ovas.....	32
Figura N° 15. Incubación de ovas fecundadas de pejerrey	33
Figura N° 16. Criterios biométricos del pejerrey (<i>Odonthestes bonariensis</i>).....	35
Figura N° 17. Total especímenes utilizados.	37
Figura N° 18. Hembras reproductoras por tallas	38
Figura N° 19. Cantidad de reproductores machos por talla.....	40
Figura N° 20. Cantidad de ovas fecundadas e incubadas por tratamiento.	44
Figura N° 21. Incubación de ovas de pejerrey <i>in situ</i>	46
Figura N° 22. a) Ova ojo de pejerrey; b) larva de pejerrey	49
Figura N° 23. Parámetros de temperatura durante la incubación.....	50
Figura N° 24. Parámetros de oxígeno disuelto durante la incubación	52
Figura N° 25. Parámetros de pH. durante la incubación	53
Figura N° 26. Porcentaje de mortalidad por tratamientos.....	54
Figura N° 27. Larva de pejerrey eclosionando	56
Figura N° 28. Cantidad de larvas eclosionadas por tratamientos	56
Figura N° 29. Ovas de pejerrey atacadas por (<i>Saprolegnia</i> sp)	57

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Cuadro 1. Estadios y características de la gónada	70
ANEXO 2. Cuadro 2. Talla primera madurez sexual	70
ANEXO 3. Datos específicos de la incubadora VICTORIA	71
ANEXO 4. Medidas de la incubadora artesanal VICTORIA	72
ANEXO 5. Ubicación de la artesa	73
ANEXO 6. Metodología Gravimétrico (cuantificación de ovas)	74
ANEXO 7. Flujo grama de reproducción artificial	75
ANEXO 8. Dossier de fotografías	76

ABREVIATURAS

@	Arroba
OH	Acidez o basicidad
H ⁺	Concentración de iones hidrógeno
Cm	Centímetro
E	Este
°C	Grados centígrados
g.	Gramos
IGS	Índice Gónado Somático
Km	Kilómetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m	Metros
mm	Milímetro
OD	Oxígeno Disuelto
W	Oeste
PDM	Plan de Desarrollo Municipal
Bs.	Pesos bolivianos
pH	Potencial de Hidrógeno
%	Porcentaje
T	Tratamiento
T°	Temperatura
S	Sud

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en la localidad de Chaguaya (Huancatapi) Provincia Camacho, Departamento de La Paz, distante a 131 km, de la ciudad de La Paz, en la cual se llevó a cabo la presente investigación sobre Evaluación de la reproducción artificial e incubación *in situ* del pejerrey (*Odonthestes bonariensis*) de cuatro diferentes tallas en el Lago Titicaca.

En el trabajo, se evaluó la longitud optima de reproducción, los parámetros físico químicos del agua, tiempo de incubación, porcentaje de mortalidad de ovas como también identificar los principales problemas ictiopatólogicos durante el periodo de incubación.

Para el proceso de incubación se utilizaron 16 incubadoras artesanales "VICTORIA", distribuidas en cuatro tratamientos T1: 20 a 23cm, T2: 23 a 26cm, T3: 26 a 29cm y el T4: 29 a 32cm, de longitud. El análisis de varianza realizado de la fecundación, nos mostró que existen diferencias significativas entre las tallas de los reproductores.

En ese entendido se concluye y se recomienda utilizar reproductores con tallas mayores a 29 cm. de largo. Como resultados de la investigación, eclosionaron un total de 89.231 larvas, de los cuales: en el T1, eclosionaron 1.659 larvas, representando el 1.86%; del total de ovas incubadas en el T2, eclosionaron 5.966 larvas, representando el 6.69%; en el T3, eclosionaron 11.686, larvas representando el 13.10%; y en el T4, eclosionaron 69.920 larvas, representando el 78.36%.

Asimismo se evaluó los parámetros físico químicos más importantes del agua registrando una T° media de 12.5 °C, pH de 8.25 y 6.5 de oxígeno disuelto. El tiempo de incubación varía entre 21 a 25 días, dependiendo de la temperatura de incubación.

Se evidenció que las altas tasas de mortalidad en la etapa de incubación son debida principalmente al ataque y proliferación del agente causal micófito acuático denominado *Saprolegnia* sp.

El costo de cada alevino producido es de Bs. 0,10 con una talla de 8 a 10cm. de longitud.

ABSTRACT

This research was conducted in the town of Chaguaya (Huancatapi) Province Camacho, Department of La Paz, a distance of 131 km, from the city of La Paz, which was conducted this research on evaluation of reproduction artificial and *in situ* Silverside (*Odonthestes bonariensis*) four different size son Lake Titicaca incubation.

At work, the optimal length of reproduction, the physicochemical parameters of the water, incubation time, mortality rate of eggs as ichthyopathology identify the main problems during the incubation period.

Was assessed 20 to 23cm, T2: 23 to 26cm, T3: 26 to 29cm and T4: 29 to 32cm, length of the incubation process 16 artisanal incubators "victory" over four T1 treatments were used. The analysis of variance carried out fertilization, was showed that there are significant differences between the sizes of the players.

In that's sense it is concluded and recommended players with larger sizes to 29 cm. long. As results of the investigation, they hatched a total of 89,231 larvae, of which: in T1, hatched larvae 1659, representing 1.86%; of all eggs incubated in T2, they hatched larvae 5966, representing 6.69%; in Q3, 11686 hatched larvae counting for 13.10%; and in Q4, 69,920 hatched larvae, representing 78.36%.

The most important physical and chemical parameters of water were assessed by recording an average of 12.5 ° C, pH 8.25 and 6.5 of dissolved oxygen.

The incubation time varies between 21 to 25 days, depending on the incubation temperature. It showed that high mortality rates in the incubations stage are mainly due to the attack and proliferation of aquatic microorganism causal agent called *Saprolegnia* sp.

The cost of each produced alevino is Bs. 0.10 with a size of 8 to 10cm. of length.

1. INTRODUCCIÓN

La pesquería en la región altiplánica del lago Titicaca, se desarrolla de manera rustica. En el lago más alto del mundo existen especies endémicas como también podemos encontrar dos especies de peces invasivas, como la trucha arco iris (*Oncorhynchus mikiss*) y el pejerrey (*Odonthestes bonariensis*) viene demostrando su fácil adaptación a este recurso hídrico, además de tener una creciente demanda por el poblador circunlacustre debido al elevado costo de venta 700 Bs/@. (PELT, 2002).

La crianza del pejerrey en el lago Titicaca, es una actividad que puede ser un posible impulsor del desarrollo en las cinco provincias que rodean al lago Titicaca, se considera como el pez con proyecciones a futuro para una piscicultura extensiva o de repoblamiento de los recursos lenticos de la zona alto andina. La reproducción artificial e incubación *in situ*, que se realizó en este documento de investigación servirá para que permita generar mayores ingresos y reducir los índices de pobreza para los pescadores y mejorar la calidad de vida de los pobladores, la seguridad y soberanía alimentaria.

La producción de alevinos de pejerrey, se logrará obtener luego de haber cumplido las siguientes etapas; Obtención de reproductores, obtención del material sexual de buena calidad reproductiva (ovas y esperma), metodología de reproducción, embrionamiento, eclosión y finalizando con la siembra de alevinos en lugares establecidos.

1.1. Antecedentes

Según Ohashi, *et al.*, (1993), mencionan que el Centro de Desarrollo Piscícola de Tiquina, desde 1991, han venido realizando investigaciones sobre la producción *in situ* de “semillas” (larvas y alevinos) de especies nativas de Carachi negro (*Orestias agassii*), Carachi amarillo, punku (*Orestias luteus*), Ispi (*Orestias ispi*), Mauri (*Trichomycterus dispar*) y Pejerrey (*Odonthestes bonariensis*).

Existen interesantes estudios sobre la ontogenia de los atherínidos, quizá como una consecuencia del éxito con que se practica la Atherinicultura, en Argentina la Plata y México, en todos estos trabajos se describe los huevos de los atherínidos, como de tamaño aproximado a los 2mm., poseedores de largos filamentos capsulares, con varios glóbulos de aceite que disminuyen a medida que progresa el desarrollo embrionario (Berzaín, *et al.*, 2008).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar la reproducción artificial e incubación *in situ* del Pejerrey (*Odonthestes bonariensis*) de cuatro diferentes tallas en la localidad de Chaguaya Provincia Camacho, Departamento de La Paz.

1.2.2. Objetivo Específicos

- Determinar la talla óptima para la fecundación artificial.
- Evaluar los parámetros físicos químicos del agua durante el periodo de incubación.
- Determinar el tiempo de incubación.
- Determinar el porcentaje de eclosión.
- Evaluar el costo de producción de los alevinos.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. El Lago Titicaca

El lago Titicaca es el segundo lago más grande y navegable en Sudamérica ($15^{\circ}13'3''$ - $16^{\circ}35'6''$ S; $68^{\circ}33'6''$ - $70^{\circ}02'2''$ W), con una superficie aproximado de 8400 km^2 ubicado a una altitud de 3810m. sobre el nivel del mar.

El lago Menor o Wiñaymarca con una superficie de 1428 km^2 , que se caracteriza por sus bajas profundidades teniendo como promedio 9m., excepto en la Fosa de Chua donde la profundidad es de 42m. A través del estrecho de Tiquina el lago menor se comunica con el lago mayor o Chucuito, que ocupa una superficie de 7131 km^2 y alcanza una profundidad máxima de 284m. con un promedio de 125m. (PELT, 2002).



Figura 1. El Lago Titicaca PELT (2002)

La temperatura del agua en el lago Mayor varía de 10.9°C a 17.0°C , mientras que en lago Menor es de 8.5°C a 18°C . El clima en la región del lago es templado en verano, frío y seco en invierno. Debido al efecto del lago Titicaca sobre la cuenca lacustre que llega hasta ciertas regiones del altiplano sur, es posible la producción de papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum*), oca (*Oxalis tuberosa*), cebada (*Hordeum vulgare*), tarwi (*Lupinus mutabilis*), avena (*Avena sativa*) y alfalfa (*Medicago sativa*) (PELT, 2002).

El lago Titicaca cumple un rol importante en la conservación de las aves silvestres, peces e integrantes de redes y cadenas alimentarias, siendo un factor preponderante la presencia del recurso “totora” (*Schoenoplectus tatora*), las algas (*Miriophyllum quitense*), Elodea y Potamogeton, los cuales brindan un substrato y protección; así como la acción termorreguladora del lago aportando 3°C, permite que las aves, peces y huevos sean más invulnerables a los rigores del clima y la predación (PNUMA-TDPS, 2011).

Es importante resaltar que el flujo de energía que se establece a partir de los procesos fisiológicos de los seres vivos del lago Titicaca, sean plantas o animales, así como la acumulación calorífica producto de los rayos solares sobre el lago, permiten un aporte de 3°C al medio ambiente circunlacustre, de éste modo se dan condiciones benignas al desarrollo de la vida en general. Varias poblaciones humanas caso de la ciudad de Copacabana, Chaguaya, Queascapa, Santiago de Huata, Tiquina, Taraco y Huancané entre otras se asentaron en las inmediaciones del lago Titicaca, gracias a las condiciones ambientales favorables considerando la altitud en la que nos encontramos a 3810m, lo que no es posible observar en localidades ubicadas a distancias lejanas al lago Titicaca (PELT, 2002).

2.2. Ecosistema del lago Titicaca

Constituye el ámbito geográfico ocupado por el lago Titicaca, que incluye el conjunto de comunidades vegetales (plantas) y animales que viven en este medio, los mismos que interactúan entre sí y con sus factores ambientales (PELT, 2002).

Existen tendencias de un deterioro y la degradación de nuestro planeta en general, el lago Titicaca y sus recursos naturales no están ajenos a esta realidad. Si continuamos con esta tendencia las futuras generaciones no tendrán el bienestar y beneficio que obtenemos de ellos, no podrán disfrutar de las bellezas paisajísticas y no tendremos riqueza natural, cultural e histórica, por lo que conocer el lago Titicaca y sus bondades permitirá que coadyuemos a la conservación de este importante ecosistema (PELT, 2002).

2.3. Recursos naturales del ecosistema del lago Titicaca

Constituyen todos los componentes abióticos y bióticos del lago Titicaca. Entre los componentes abióticos se pueden señalar el agua, el aire, las rocas, los sedimentos, etc.

mientras que entre los componentes bióticos se consideran a los peces, aves, anfibios, zooplancton, todas las plantas y otros, etc.

Los recursos naturales son fuentes actuales y potenciales de desarrollo y bienestar social; sin embargo de por si no crean riqueza ni bienestar sino a través del hombre y la sociedad. El hombre es quien hace uso de la naturaleza y la transforma (Proyecto Perú-Bolivia, 2003).

2.4. Dificultades dentro el ecosistema del lago Titicaca

Los principales problemas que existen dentro el lago Titicaca según al (Proyecto Perú-Bolivia, 2003) son las siguientes:

- a) Crecimiento de la población alrededor de las riberas del lago.
- b) Erosión de suelos por fertilizantes químicos usados por los pobladores.
- c) Contaminación de los ríos por las explotaciones mineras.
- d) Proceso de eutrofización y contaminación (suelo, aire y agua).
- e) Pérdida de flora y fauna.
- f) Incremento del efecto invernadero (dióxido de carbono en la atmósfera).

2.5. Flora del lago Titicaca

Los "llachales" son asociaciones de plantas acuáticas superiores sumergidas de los géneros *Myriophyllum* y *Potamogeton* "llachus", que también proporcionan hábitat y refugio a peces nativos del género *Orestias* principalmente, además resultan muy apetecibles como forraje para el ganado (PNUMA-TDPS, 2011).

Previamente introducirnos en su consideración veremos la clasificación y la existencia de plantas acuáticas. Dentro de las plantas emergidas destaca la totora (*Schoenoplectus tatora*), además están las plantas flotantes y sumergidas, corresponden a estas últimas, el llachu, en el Ayllu Ojchi se las llama también chanku (Portugal, 2002).

Al igual que los animales, la flora (plantas) es muy diversificada, así podemos encontrar:

- **Flora microscópica.-** Al conjunto de plantas diminutas que no se pueden ver a simple vista se conoce como FITOPLANCTON, le dan un color verde al agua. Estas plantas durante el día posibilitan la oxigenación del agua y también sirven de alimento a los microscópicos y macroscópicos del lago.
- **Flora macroscópica.-** Las macrofitas (plantas grandes) crecen en la parte litoral del lago, están representadas por especies como la totora (*Schoenoplectus tatora*), Janch'alia (*Elodea potamogetón*), Chanqu (*Potamogetón stricts*), la purina (*Chara sp.*), lenteja de agua (*Lemna sp.*), Azolla (*Azolla sp.*), entre otros (GADLP-UPA, 2012)

La mayoría de estas plantas sirven de hábitat y cobijo para los peces, aves y pueden ser aprovechadas para la alimentación del ganado ovino vacuno.

2.5.1. Fauna del lago Titica

Debido a la amplia diversidad de fauna (animales) existentes en el lago se han dividido en las siguientes categorías:

- **Animales microscópicos invertebrados.-** Estos animales no son visibles a simple vista constituyen un recurso importante dentro de la cadena de alimentación en el ecosistema acuático y conocidos como ZOOPLANCTON.

El zooplancton es importante ya que constituye el alimento de los alevinos de los diferentes peces, estos diminutos organismos acuáticos tienen la característica de presentarse en abundancia y en constante movimiento en las orillas del lago (Castañón, 1994).

- **Animales macroscópicos invertebrados.-** Estos animales son visibles a simple vista pero todavía su tamaño es diminuto. Son especies que se alimentan de los animales microscópicos y por su tamaño y algunas características nutritivas son el alimento de peces, ranas y pájaros. Entre algunas especies de este tipo de animales que se tienen en el lago Titicaca por ejemplo están los Caracoles, Sanguijuelas, kani kanis, Gusanos, etc.
- **Animales vertebrados.-** Son muchos los animales que conforman entre estos tenemos a los peces; los cuales por su amplia distribución, diversidad e importancia económica son considerados como especies de alto valor para los habitantes de la región del lago Titicaca. Otro grupo muy importante de vertebrados presentes en el

lago son las aves entre las que podemos citar a la Choca, Tikitiki, Quellwa, Unkalla, Parina, Suluk'ia, Waqa'na y diferentes pájaros. Estas especies se alimentan de peces e insectos, caracoles, flores de algas, brotes de totorales, etc.

Finalmente no podemos dejar de mencionar a la rana del lago Titicaca (*Telmatobius culeus*) la cual por su tamaño, coloración y forma es considerada una especie muy valiosa en el lago Titicaca (GADLP-UPA, 2012).

2.6. El lago Titicaca como hábitat de peces

El lago Titicaca como ecosistema es el hábitat de un gran número de organismos los que tienen relaciones intra e inter específicas de reproducción, alimentación y refugio, existiendo una estrecha relación de coexistencia entre los totorales, la vegetación acuática en general y la diversidad de peces que se tiene en el lago Titicaca (Loubens y Osorio 1990).

2.7. Biodiversidad de las especies icticas del lago Titicaca

La biodiversidad es simplemente la variedad de recursos vivos acuáticos que habitan en un determinado lugar, en este caso los peces nativos como los introducidos existentes en el lago Titicaca.

Con respecto al número de especies nativas existentes, algunos autores indican que existen más de 24 especies, pero las más importantes se mencionan en el siguiente cuadro, donde se nombra la boga, umanto, especies que prácticamente no existen en el sector boliviano y el suchi, como especie en peligro de extinción (Proyecto Perú-Bolivia, 2003) (ver cuadro1)

Cuadro 1. Especies icticas del lago Titicaca

	Nombre Común	Nombre Científico
Especies nativas	Ispi	<i>(Orestias ispi)</i>
	Carachi negro	<i>(Orestias agassii)</i>
	Carachi amarillo, punku	<i>(Orestias luteus)</i>
	Carachi enano	<i>(Orestias olivaceus)</i>
	Boga, (K'esi) extinta	<i>(Orestias pentlandii)</i>
	Umanto extinta	<i>(Orestias cuvieri)</i>
	Suchi	<i>(Trichomycterus rivulatus)</i>
Especies introducidas	Mauri	<i>(Trichomycterus dispar)</i>
	Trucha	<i>(Oncorhynchus mykiss)</i>
	Pejerrey	<i>(Odontheistes bonariensis)</i>

Ibáñez, *et al.*, (2014), menciona que un gran número de personas dependen directa o indirectamente de la pesca del lago y aproximadamente dos tercios de las capturas totales del lago Titicaca corresponden al género *Orestias*. Sin embargo los pescadores no están interesados en saber que especie explotan mas y que otras menos, acompañado a esto las incertidumbres taxonómicas y no delimitación clara de los caracteres diagnósticos en *Orestias* no hacen más que profundizar el desconocimiento del estado actual de dichas especies.

Ibáñez, *et al.*, (2014), los mismos autores mencionan también que por esta razón es difícil poder plantear adecuados planes de gestión de los recursos pesqueros, así como tampoco aplicar planes adecuados de conservación de la ictio fauna tanto del lago Titicaca como de los sistemas acuáticos pertenecientes a esta cuenca y sus alrededores.

Estos resultados muestran claramente la urgente necesidad de ampliar y complementar por un lado los estudios genéticos. Por otro lado estos estudios que pongan en cuestión las delimitaciones diagnosticas morfológicas adecuadas, en vista a que las actuales existentes no permiten identificar a los individuos de las diferentes especies. Por lo tanto también se requiere urgentemente una revisión del género para poder separar las especies morfológicamente, así como estudios que permitan explicar esta alta variabilidad fenotípica dentro de una lógica que considere los procesos de especiación, ecológicos, sus ciclos biológicos y estrategias alimenticias (Ibáñez, *et al.*, 2014).

2.7.1. Características generales de la pesca en el lago Titicaca

La actividad pesquera en el área circunlacustre es muy importante, significativo y es complementaria con la actividad agropecuaria de la región Puno. (IMARPE 1991).

Para Mamani (2004), indica que hasta hace poco, el mayor volumen de pesca era destinado para el autoconsumo y el comercio (trueque y venta), en la actualidad más de un 85% del volumen de pesca está dirigido al abastecimiento de las principales ciudades.

IMARPE (1991), Señala que las principales especies objetivo de la pesca son el carachi e ispi, entre las especies nativas, el pejerrey y la trucha, entre las introducidas, los productos de la pesca son para autoconsumo y para la comercialización. Las especies de mayor valor comercial son destinadas al comercio, ya sea de forma directa o por medio de los

intermediarios en centros o núcleos de poblaciones mayores donde se comercializan según por especies y tamaños.

El pejerrey tiene alta demanda en la población altiplánica, mientras el ispi es utilizado mayormente como alimento para el cultivo de la trucha (90%) y el resto como consumo humano directo (IMARPE, 1991).

2.8. El pejerrey

2.8.1. Historia

Grosman (1995), el origen de la denominación popular del género *Atherina* deriva del vocablo medieval “pejerrey” constituido por dos palabras peje-rei o peje-rey (pez de reyes). Este término era aplicado en Europa a una especie íctica de gran valor culinario reiteradamente alabada por los monarcas españoles.

Así también Grosman (1995), menciona que de esta manera entre fines del siglo XVIII y principios del XIX, los naturalistas viajeros como el Jesuita Sánchez Labrador y el Ingeniero militar Félix de Azara, denominaron a nuestras formas como pejerreyes, aún antes de ser descritas formalmente.

El más conocido de nuestros pejerreyes de agua dulce, *Odonthestes bonariensis*, ha sido descrito en 1835 por Cuvier y Valenciennes con el nombre (*Atherina bonariensis*); especie basada en material capturado por la expedición denominada Voyage del América Meridionale cedido por D’Orbigny (ver figura 2).



Figura 2. Pejerrey (*Odonthestes bonariensis*)

2.8.2. Descripción del pez

El pejerrey (*Odonthestes bonariensis*), constituye la primera especie de importancia pesquera en el lago Titicaca. El pejerrey es una especie que habita estuarios y ríos Argentinos, Uruguayos y del Sur Brasileño. Su introducción al lago Titicaca tuvo origen en el lago Poopo-introducido en 1946 por un Club de Pesca Boliviano y migró al lago a través del río Desaguadero en 1955 (Loubens y Osorio 1990).

Habitaba solamente las aguas continentales de la Provincia de Buenos Aires. Esta especie fue posteriormente introducida en otras Provincias Argentinas así como también en otros países con propósitos de acuicultura y pesca deportiva (Loubens y Osorio, 1991).

2.9. Nombre y clasificación taxonómica del pejerrey

Berazaín, *et al.*, (2006), indican que el pejerrey que actualmente habita las aguas del lago Titicaca procedentes de la Argentina está ubicado dentro de las siguientes categorías taxonómicas:

PHYLUM	:	Chordata
SUB PHYLUM	:	Vertebrata
INFRA PHYLUM	:	Gnatostomata
SUPER CLASE	:	Peces
CLASE	:	Teleostomi
SUPER ORDEN	:	Atherinimorpha
ORDEN	:	Atheriniformes
SUB ORDEN	:	herinoidei
FAMILIA	:	Atherinidae
GENERO	:	<i>Odonthestes</i>
ESPECIE	:	<i>bonariensis</i>
NOMBRE VULGAR	:	Pejerrey

2.10. Pejerrey (*Odonthestes bonariensis*)

El género *Odonthestes* es conocido en ríos y lagunas, desde la Tierra del Fuego hasta el Río Uruguay y el Norte del Perú. De las 20 especies de *Odonthestes* reconocidas, una sola está presente en los lagos y ríos andinos de Bolivia. (*O. bonariensis*) es el Sureste de Argentina.

Actualmente es un pez ampliamente distribuido en América del Sur. Se alimenta de zooplancton, insectos, crustáceos, moluscos y peces (ver figura 3) (Sarmiento, *et al.*, 2014).



Figura 3. El Pejerrey del lago (*Odonthestes bonariensis*)

Es una especie nadadora de aguas abiertas consumidora de zooplancton, comportándose en ambientes muy amplios, la velocidad máxima y óptima de natación evidentemente es menor a 2.6 longitudes estándar por segundo y presumiblemente se encuentra entre 1-1.5 l/seg. está dentro del rango de las velocidades óptimas mencionadas puede deberse a una buena adaptación pelagial (Ringuelet, 2006).

2.11. Hábitat del pejerrey

El pejerrey es un pez eurihalino que puebla las aguas continentales (dulces y salinas) de la Argentina, con una buena adaptabilidad en el lago Titicaca, el pejerrey del lago es un pez pelágico que habita aguas someras y profundas (IMARPE, 1986).

Es uno de los peces introducidos en el lago Titicaca donde se encuentra con mayor frecuencia en el lago mayor, entre las provincias Camacho y Manco Kapac pero en menor cantidad en las provincias Ingavi y Los Andes.

2.12. Alimento del pejerrey

Velasco, *et al.*, (2008), menciona que el pejerrey del Río de la Plata es omnívoro con una marcada tendencia carnívora, con la franca preferencia por el plancton especialmente micro crustáceos, copépodos y cladóceros. El mismo autor indica que el pejerrey del lago Titicaca come varios crustáceos e insectos, cuando es juvenil y cambia a predador cuando es adulto, en menor cantidad cladóceros, caracoles y algas, suplementan su alimentación con anfípodos.

Al respecto Berazaín, *et al.*, (2008), los hábitos alimentarios de los pejerreyes jóvenes dicen que consumen primariamente copépodos (adultos y copepoditos), los copépodos constituyen el 93.28% del contenido estomacal.

2.13. Morfología externa

Es alargado, aplanado lateralmente y afilado en sus extremos: más en el extremo anterior (región cefálica), que termina y rescinde en punta roma. La mitad anterior del cuerpo es más voluminosa y corpulenta que la posterior. El cuerpo presenta a considerar: cabeza, tronco y aletas (ver figura 4) (Sarmiento, 1991).

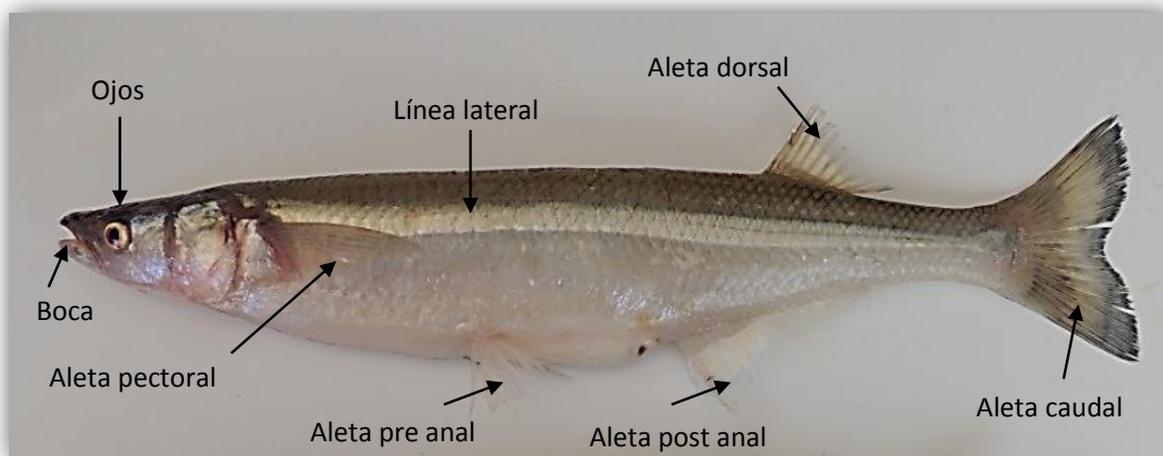


Figura 4. Morfología externa del pejerrey

En la cabeza observamos: la abertura bucal, que se abre en el extremo anterior y semeja una herradura con cavidad dirigida hacia atrás; pasando el dedo por el borde que la limita se comprueba la existencia de numerosos dientes cónicos y pequeños dispuestos en dos o más hileras; por detrás y arriba de la boca se encuentran las narinas u orificios nasales y luego,

uno a cada lado los ojos que se destacan como círculos cuya parte central, también circular es muy oscura y está rodeada de un anillo blanco amarillento brillante; los ojos están desprovistos de párpados (Reartes, 1995).

A los costados de la cabeza se distinguen los opérculos, láminas ocio-membranosas móviles que cierran las cámaras branquiales y limitan, hacia atrás a las hendeduras branquiales o aberturas de las agallas. Levantando los opérculos se observan las branquias rojizas regularmente dispuestas en las cámaras branquiales (Reartes, 1995). Así mismo nombra que la cabeza se continúa directamente con el tronco, pues el animal carece de zonas intermedias o cuello; evidentemente, la cabeza implantada sólidamente sobre el tronco permite entender mejor el agua en sus movimientos de traslación.

Reartes (1995), manifiesta que siendo deprimido lateralmente el tronco se considera: dos caras laterales (derecha e izquierda) y dos bordes (superior e inferior). A lo largo de las caras llama la atención una línea de coloración blanco-plateada que nace cerca de los opérculos y termina en la base de la cola: son las líneas laterales.

Insinúa también que las aletas son órganos que sirven para la estabilidad y gobierno del movimiento en el líquido ambiente; poseen esqueleto constituido por varillas óseas móviles y flexibles.

Reartes (1995), manifiesta que sobre el borde superior del tronco se implantan dos aletas dorsales, siendo la posterior la más grande. A nivel del borde inferior, algo por detrás de la mitad del cuerpo, se encuentra el ano y la papila **poro uro-genital**, (en la cual desembocan los aparatos urinarios y reproductores).

Las aletas: dorsales, anal y caudal son impares; existen otras llamadas pares que por hallarse repetidas simétricamente a uno y al otro lado del cuerpo son: las aletas anteriores o pectorales o las aletas posteriores o pélvicas. Las dos anteriores se implantan un poco por detrás de las hendeduras operculares y las dos posteriores algunos centímetros por detrás de las primeras. Estas aletas corresponden, respectivamente, a los miembros anteriores y posteriores de los demás vertebrados. (Sarmiento, 1991).

Las aletas pares actúan a la manera de los remos, la caudal como timón y las dorsales y anal contribuyen a la estabilidad. Los movimientos ondulatorios del cuerpo son producidos por los potentes músculos laterales, que determinan los desplazamientos de avance y retroceso del animal en el agua. Todo el cuerpo está envuelto por un tegumento constituido de dos capas: una externa o epidermis y otra profunda o dermis. A expensas de esta última se forman las escamas que, en hileras regulares revisten las caras y los bordes del tronco (Sarmiento, 1991).

Así mismo Sarmiento (1991), señala que las dichas escamas son piezas duras, de varios milímetros de diámetro, aplanadas, de contorno casi circular; se disponen imbricadas es decir, recubriéndose en parte, a la manera de las tejas de un techo. En cada escama es fácil apreciar dos sistemas de estrías: unas circulares y más o menos concéntricas, cuyo número permite determinar la edad del animal y otros que se disponen como radios divergentes: las escamas de este tipo se denominan cicloides.

Las escamas que se encuentran a nivel de las líneas laterales presentan una estructura diferente: están provistas de una perforación que comunica con la exterior; esto, sumado a las numerosas terminaciones nerviosas que contienen, ha sugerido la posibilidad de que fuesen el asiento de particulares órganos sensoriales: es así como se les ha atribuido funciones diversas, entre ellas: la de "captar" las variaciones térmicas, de salinidad, etc. (Sarmiento, 1991).

2.13.1. Esqueleto

El pejerrey posee un armazón interno o esqueleto constituido de numerosas piezas duras (huesos) que modela, en gran parte, la forma del cuerpo, presta inserción a los músculos y protege a las vísceras (Tarqui, 2003).

Según, Tarqui (2003), el esqueleto axial está formado por cráneo, columna vertebral, costillas y huesos intermusculares, los cuales describe de la siguiente manera:

- a) **Cráneo.-** Es una estructura esquelética, que ocupa la extremidad cefálica del esqueleto axial, sostiene y protege el encéfalo, órganos sensoriales y parte de los aparatos respiratorio y digestivo.

- b) **Huesos intermusculares.-** Huesos planos y delgados de forma variada en el miosepto, los cuales suelen causar molestias en la alimentación humana.
- c) **Columna vertebral.-** Es el eje esquelético o punto de sostén, que nace en la base del cráneo, esta debe ser segmentada para que su rigidez no obstaculice los movimientos. Sus segmentos se llaman vértebras.
- d) **Músculos.-** El sistema muscular produce movimientos, las cuales se producen gracias a la capacidad de contracción que poseen las células que componen el músculo, especializadas y que por su forma alargada son llamadas fibras musculares.

2.13.2. Aparato digestivo

Comprende el tubo digestivo y algunas glándulas anexas que desemboca en éste, el primero se distinguen: cavidad buco-faríngea, esófago, estómago e intestino. La cavidad buco-faríngea es amplia y comunica con las cavidades branquiales; contiene una lengua y pequeños dientes, piezas de origen dérmico que, más que para masticar las presas, sirven para retenerlas (Sarmiento, 1991).



Figura 5. Aparato digestivo del pejerrey

Tarqui (2003), cita también que el tracto digestivo consta de boca, faringe, esófago, estómago, intestino y ano; los órganos asociados son el páncreas difuso y el hígado con la vesícula biliar. El mismo autor nombra que el esófago es un conducto intermedio entre la cavidad buco-faríngea y el estómago, que es alargado. El intestino describe algunas vueltas

antes de desembocar en el ano; en la zona de origen del intestino se desprenden una serie de largos y finos tubos cerrados en su extremo libre, a los cuales se denomina ciegos laterales.

Las glándulas anexas son el hígado y el páncreas, que desembocan en la primera porción del intestino. Carece de glándulas salivales. Son animales omnívoros, que presentan gran variabilidad en los componentes de su alimentación (Tarqui, 2003).

2.13.3. Aparato respiratorio

Está constituido por branquias, órganos con los que el animal toma el oxígeno del aire disuelto en el agua. A cada costado de la cabeza una amplia cavidad o cámara branquial, que aloja cuatro arcos branquiales de naturaleza ósea que presenta inserción a unas láminas con la apariencia de peines de dientes muy apretados: son las branquias (Sarmiento, 1991).

A través de las branquias y por osmosis se cumple el intercambio de los gases respiratorios, oxígeno y anhídrido carbónico: el oxígeno del aire disuelto en el agua atraviesa la mucosa branquial y llega a la sangre y esta cede el anhídrido carbónico que trae y atravesando la branquia pasa al agua que baña las cámaras branquiales, este proceso se llama hematosis (Tarqui, 2003).



Figura 6. Branquias del pejerrey

2.13.4. Aparato circulatorio

El corazón se encuentra en la región ventral del cuerpo y en él se distinguen dos cavidades fundamentales: una aurícula y un ventrículo; la aurícula está precedida por una dilatación llamada seno venoso y al ventrículo sigue otra dilatación o bulbo arterial.

- a) **Corazón.**- Situado inmediatamente posterior a las branquias. Aspira la sangre venosa de todas las regiones del cuerpo y la bombea hacia delante. Las arterias tienen paredes densas y la sangre está a mayor presión a las vías de retorno. Una vez que los vasos han llegado a los tejidos se denominan capilares que son de diámetro más pequeño, estos vasos poco a poco van aumentando de diámetro o radio y reciben la denominación de venas, las que tienen como características que las paredes flácidas que permiten el retorno de sangre lenta.
- b) **Bazo.**- Se encuentra flojamente unido al estómago, órgano de color rojo, responsable de la producción de células sanguíneas (Loayza, 2009).

2.13.5. Vejiga natatoria

Según Berazaín, *et al.*, (2010), cita que inmediatamente por debajo de la columna vertebral se encuentra una bolsa membranosa, alargada y resistente, la cual está repleta de ventosidades, por las funciones que se le atribuyen, con el nombre de vejiga natatoria. Al parecer, este órgano actúa como un dispositivo hidrostático: al ser comprimido por acción de los músculos vecinos deja salir los gases, con el que evidentemente amplifica el peso específico del pez, que así puede descender en el líquido ambiente; luego cuando los músculos recuperan su estado de reposo, la vejiga natatoria se llena nuevamente de gases, disminuyendo el peso específico del cuerpo y favoreciendo los movimientos de ascenso.

2.13.6. Órganos de los sentidos

Así mismo Tarqui (2003), nombra que los órganos receptores del gusto son pequeños y se llaman papilas o botones gustativos; se los encuentra en la cavidad bucal y en los labios. Para recibir sensaciones de sabor, las partículas alimenticias, previamente disueltas deben actuar sobre las terminaciones nerviosas contenidas en las papilas gustativas.

Los órganos táctiles se encuentran a nivel de los labios en la parte media de la cabeza. Indica también que tienen dos ojos globosos alojados en orbitas y gracias a la acción de

varios músculos pequeños, el glóbulo ocular goza de cierta movilidad. Carecen de párpados y glándulas lacrimales (Tarqui, 2003).

2.13.7. Aparato urinario

Constituyen el aparato urinario dos riñones muy alargados y dispuestos a uno y a otro lado de la columna vertebral. De cada riñón parte un conducto excretor o uréter, que lleva la orina al poro urogenital (Sarmiento, 1991).

2.13.8. Aparato reproductor

Son animales de sexos separados, en el macho posee, junto a los riñones, un aparato de testículos tubulares, cada uno de los cuales desemboca al exterior con un conducto deferente, a nivel de poro urogenital, que se encuentra por detrás del ano y en el que termina, también el aparato urinario: es a través de los conductos deferentes que los espermatozoides, una vez formados en los testículos, se expulsan al agua (Tarqui, 2003).

La hembra está provista de dos ovarios, también en forma de largos tubos colocados paralelamente a los riñones; en la época de la madurez sexual aumenta notablemente de volumen. Estos ovarios producen numerosos óvulos, que contienen abundantes reservas nutritivas y en la superficie presentan unos filamentos pegajosos mediante los cuales se fijan a las plantas acuáticas y entre sí a modo de racimos. Realizan una sola puesta al año (Sarmiento, *et al.*, 2014).



Figura 7. Gónada femenina

2.14. Reproducción artificial del pejerrey

2.14.1. Ovas

La ova de pejerrey es demersal, semitransparente, suavemente coloreado en rosa o verde esférico sus medidas 1.35 a 2.00mm en diámetro abundantes y pequeños glóbulos de aceite situados en la parte central que disminuyen sucesivamente un estrecho espacio y abundantes filamentos capsulares (Berazaín, *et al.*, 2000).

Su membrana extrema parece como esculpida con arrugas y surcos, asemejándose a huellas dactilares esta apariencia, es debida a las repetidas envolturas que constituyen los filamentos alrededor de los huevos, estas de color verdosos amarillento, poseen filamento gelatinosos y delgados e iguales y a los de los *Orestias* se insertan en el polo poseen pequeños glóbulos de aceite incoloro de posición central que son espacios semi transparentes esféricas aunque indistintamente puede predominar uno de los diámetros estos fluctúan entre los 1.35 y 2.00mm de diámetro (Berazaín, *et al.*, 2001).

Por otra parte Berazaín, *et al.*, (2006), señala que los huevos más jóvenes tienen el disco germinal netamente definido con una altura de un décimo de la masa vitelínica estos muestran que los blastómeros van aumentando progresivamente.

2.14.2. Larvas

La larva nace principalmente entre 12 a 14 días de desarrollo embrionario con una longitud total no inferior a 5mm. posee una aleta embrionaria marginal de mediana amplitud y la notoria circulación vitelínica característica de los atherínidos Berazaín, *et al.*, (2006). El mismo autor anota que durante la etapa larval el pigmento esta principalmente confinado a los márgenes dorsales del cuerpo y la cabeza y en segundo término al peritoneo y a palparte lateral medía esta última representa a alhaja plateada que caracteriza a los pejerreyes adultos.

Con respecto a la secuencia en la formación es de forma gradual en las aletas pectorales larvarios (sin radios), caudal pectorales (con radios), ventrales segunda dorsal y anal (simultáneamente a la primera dorsal) (Velasco, *et al.*, 2008).

La larva de 42 días la formación de las aletas es prácticamente completa y las proporciones del cuerpo y la cabeza, con excepción del hocico son aproximadamente las mismas conocidas para los ejemplares juveniles de pejerrey (Berazaín, *et al.*, 2008).

Los juveniles en sus rasgos generales tienen la misma forma de los adultos para la pigmentación no presenta aun las características definitivas.

La secuencia del desarrollo morfológico descrito en el embrión y la larva corresponde a la descrita anteriormente, con ligeras diferencias en la aparición de determinadas estructuras y en la etapa funcional, esta podría corresponder a diferencias genotípicas y fenotípicas o sencillamente a la variación del desarrollo en el tiempo (Ticona, 2012).

2.14.3. Madurez sexual

Morales (2003), cita también que los peces desde que nacen crecen y se desarrollan, por lo que a un tamaño determinado adoptan un grado de madurez de V o un valor de IGS máximo los mismos indican que son capaces de desovar (tener crías), a este tamaño se le llama talla de primera madurez.

2.14.4. Desove

La extracción de los óvulos por métodos artificiales se efectúa en un recipiente cribado, evitando el contacto de los óvulos con el agua, hasta después de haber agregado el espermatozoos de los machos, para así no perder la viabilidad del óvulo que a los dos o tres minutos se cierra el micrópilo (INIDEP, 2012).

El desove se efectúa en la misma embarcación, evitando la incidencia de los rayos solares, manteniendo el pez oblicuamente con la cabeza hacia arriba y con los dedos pulgar o índice frotar hasta 4 veces hasta obtener el total de las ovas sobre una placa Petri o platillo de porcelana (Copa, 2012).

Morales (2003), reconoce que el desove del pejerrey del lago Titicaca no se realiza sin dificultades, en efecto encontraron en todas las épocas una notable proporción de hembras maduras que parecían no poder desovar o no haber acabado de desovar, sus ovarios contenían grandes cantidades de huevos maduros con comienzo de atresia formando a veces enormes hernias de donde manifiestamente los óvulos no pueden salir.

El rango óptimo de temperatura para el pejerrey es de 17-18 °C y la temperatura fría del lago contribuyen probablemente a la reproducción de esta especie subtropical, pero la constancia de esta reproducción permite subsanar esta desventaja (Morales, 2003).

2.14.5. Escala de madurez gonadal

Según, Morales (2003), menciona que se toma en cuenta siete estadios muy importantes por las que pasa las gónadas (son las características sexuales de los peces).

ESTADIO CARACTERISTICA DE LA GONADA

Estadio I	Virgen e inmaduro
Estadio II	La gónada está en desarrollo
Estadio III	En maduración
Estadio IV	En maduración (la gónada es grande)
Estadio V	La gónada es grande, lleno tiene fluidez
Estadio VI	El pez ha desovado, la gónada está vacía
Estadio VII	El pez nuevamente comienza a madurar (vacío)

2.14.6. Fecundación

Morales (2003), sugiere que para realizar la fecundación del pejerrey, debe practicarse una testotomía (extracción del testículo), para luego triturar y homogenizar los testes y con este producto fecundar las ovas.

Para la fecundación en el pejerrey, una vez que el esperma caiga sobre las ovas en la caja petri o recipiente, se procede a remover todo el conjunto con la cola del pez o una pluma preferentemente, para facilitar la fecundación (Morales, 2003).

Según Del Valle (1990), confirma que los espermatozoides son inmóviles cuando salen del interior de los machos, se activan y comienzan a moverse cuando se ponen en contacto con el agua o líquido celomático de las hembras.

2.14.7. Incubación

Para la incubación de las ovas de pejerrey, primero deben ser hidratadas y luego separadas con cortes con tijeras en las gónadas, entonces las ovas son incubados en incubadoras horizontales con capacidad de aproximadamente 3.700 ovas y la calidad el agua estaba representada por la temperatura 14.5°C transparencia 100% y un pH neutro a básico (Ardaya, 2012).

Por otra parte Ardaya (2012), asevera que este periodo contempla el total desarrollo de las ovas, hasta la posterior eclosión y absorción del saco vitelino. Este periodo es clave para el buen desarrollo de los peces, se requieren aguas cristalinas y bien oxigenadas, con temperaturas apropiadas y en condiciones, medios de penumbra o semipenumbra.

Valero y Valencia (1992), indica previamente a la incubación las ovas de pejerrey son separadas por corte con tijeras y debidamente coladas, luego los huevos son introducidos en un total de 40.000 con un periodo de incubación de 10 a 25 días a 20°C. acumulando un total de 120 a 220 grados día.

Temperatura	=	14.5 a 18°C
CO ₂	=	6,6mg/l
Ph	=	7,7
Dureza	=	24,20mg/l.
Alcalinidad	=	75,40mg/l.
Nitrógeno amoniacal	=	52,53mg/l

2.14.8. Alevinos

Según, Ardaya (2012), insinúa que el pejerrey es estrechamente sensible, sobre todo a las oscilaciones bruscas de temperatura, desprovistas de medios de defensa, no toleran en consecuencia, el manipuleo a cargo de inexpertos.

Berazaín, *et al.*, (2008), expresa que los alevinos de pejerrey son muy considerados para el transporte y las manipulaciones, se les cultiva, hasta el estado de peces de repoblación en estanques de 15x3m. de extensión a los que se les distribuye alimento abundante, plancton cuya proliferación es abundante por el abonado, pulga de agua (*Daphnias*), y la lombriz de agua (*tubifex*).

2.14.9. Incubadora artesanal de madera

Las artesas de incubación son incubadoras artesanales denominadas “incubadora VICTORIA” que se adecuan a las condiciones *in situ* (Castañón, *et al.*, 2002). Los mismos autores relatan que las incubadoras artesanales de madera son simplemente pequeñas adoberas con mallas de plástico para recepción de las ovas incubadas, además cuenta con una tapa de venesta que protege a las ovas de los rayos solares (ver anexo 4).

La incubadora artesanal, debe ser instalada en la orilla del lago sujetando la misma a una cuerda amarrada a dos flotadores. La cantidad de ovas que se puede colocar en la incubadora varía desde 15000 a 20000 dependiendo del tamaño de las artesas artesanales (Buitrón, 2005).

3.2.2. Material de campo

- 16 Incubadoras artesanales de madera VICTORIA
- Un bote
- Soga de amarre
- Bandas de goma
- Cámara fotográfica
- Libreta de notas
- Mortero
- Porta y cubre objetos 4 unidades
- Cajas Petri 6 unidades
- Pinzas 6 unidades
- Pipetas 4 unidades
- Microscopio óptico marca Gredmed trinocular modelo XSZ-146AT, Fabricación Alemana.
- Balanza digital marca AUY de 0.01a 300 gr.
- Toalla
- Bañadores
- Baldes
- Pluma de ave
- Tijera

3.3. Metodología

La reproducción artificial de Pejerrey (*Odonthestes bonariensis*) se la realizó en riberas de la localidad de Chaguaya (Huancatapi) con reproductores obtenidos del lago mayor entre los meses de agosto y septiembre de 2014.

3.3.1. Metodología y procedimiento de fecundación en reproducción artificial.

I. Obtención de reproductores

Los reproductores del género *Orestias* (carachis) se obtienen mediante pesca directa ejecutada por pescadores de la zona.

II. Selección y sexado de reproductores

En la selección de reproductores se considera sexo, peso y talla; así como características externas, El sexado se realiza mediante una presión a nivel abdominal.

III. Desove

Las ovas se extraen mediante presión abdominal, la cual consiste en apretar el abdomen suavemente con los dedos pulgar e índice, depositando las ovas en un recipiente limpio.

IV. Extracción de semen

Una vez sacrificado al macho se extrae el testículo (gónada) para proceder a molerlo en un mortero.

V. Fecundación artificial

Se realiza mediante el método seco, que consiste en mezclar las ovas con el semen utilizando una pluma de ave; con una proporción de 4 hembras para un macho, generalmente se sacrifica al macho y se extrae el testículo, moliéndolo. Luego de realizada dicha actividad, después de un minuto se lavan las ovas del espermatozoides excedente con abundante agua del lago.

VI. Separación de ovas (desaglutinado)

Como las ovas de *Orestias* una vez fecundados se aglutinan formando un racimo, es recomendable separarlos manualmente pero de manera delicada, (luego de 6 horas mínimo y 24 horas máximo) ya que en este lapso las ovas se encuentran ya hidratadas y es más fácil manipularlas y no existe peligro de maltratos.

VII. Incubación

En la fase las ovas lavadas se colocan en incubadoras (artesanías) de flujo horizontal, las cuales esencialmente son marcos de madera que protegen las

ovas fecundadas de las radiaciones del sol, que luego se instalan a orillas del lago con oleaje moderado.

VIII. Eclosión

Es necesario observar la eclosión y dar seguimiento a la post eclosión como ser larvaje (absorción del saco vitelino) y alevinaje para conocer el número promedio de alevines vivos.

IX. Siembra

Una vez que tiene la forma definitiva de pez (30 días después de la eclosión) y pueden sobrevivir, se transportan los alevines en baldes de plástico o bolsas de polietileno de baja densidad infladas con oxígeno y se procede a la siembra en lugares previamente determinados (GADLP-UPA, 2012).

3.3.2. Obtención del material biológico



Figura 9. Reproductores adquiridos

En la figura 9., se observa la obtención y recolección de reproductores de pejerrey, que se efectuó mediante la compra directa a los pescadores en horas de la mañana, de esta

manera se puede encontrar ejemplares vivos ya que la mortalidad es alta si no se tiene en cuenta el tiempo de vida fuera del agua.

3.3.2.1. Selección de reproductores

Para la selección se realizó la medición de la talla de los peces según el tratamiento a emplearse, luego el proceso de sexado (separación de machos y hembras), asimismo se realizó el control de la escala de madurez sexual, utilizando la técnica de la palpación abdominal, indicándose de esta manera la madurez sexual del macho y la hembra (Ohashi, *et al.*, 1993).



Figura 10. Rangos de tallas de los peces y sus diferentes tratamientos

3.3.2.2. Desove de hembras maduras

Este proceso también es conocido como desove y consiste fundamentalmente en obtener ovas maduras de las hembras. Las ovas deben ser obtenidas mediante un masaje suave del vientre de los peces, de adelante hacia atrás, las ovas que están maduras saldrán muy fácilmente ante una leve presión y deben ser recepcionadas en un plato limpio de cualquier

material (barro, metal o plástico), las ovas son muy pegajosas, por esta razón se debe evitar el contacto con los dedos, (Castañón, *et al.*, 2002).



Figura 11. Extracción de Ovas

El pejerrey es muy sensible, la forma de manipular para el desove de las ovas se muestra en la figura 11, no debe ser el manipuleo por inexpertos.

Al realizar el desove tener mucho cuidado de no tener la presencia de impurezas (sangre, orina y restos fecales) en las ovas extraídas (Velasco, *et al.*, 2008).

3.3.2.3. Obtención del líquido seminal

Para este proceso se utilizó el método de testotomía (extracción del testículo del macho), para una fecundación más eficaz debido a que existe una mortalidad elevada en esta especie, en la extracción de reproductores, posteriormente se molieron con un mortero; luego se mezclaron con las ovas desovadas de las hembras (ver figura 12) (Ohashi, *et al.*, 1993).



Figura 12. Extracción del testículo

3.3.2.4. Características generales de los productos sexuales

- ❖ *Las ovas de las hembras tienen las siguientes características:*

Las ovas maduras del pejerrey, tienen un color naranja verdoso muy intenso, son de carácter aglutinado y son en tamaño y forma distinta a las ovas de los (*Trychomycterus*), que presentan una coloración parda amarillenta de aspecto cristalino brillante (Castañón, *et al.*, 2002).

- ❖ *El semen en los machos tienen las siguientes características:*

La coloración es blanquecina lechosa y al leve masaje en un espécimen adulto, éste sale al exterior; las características son similares entre los peces en el lago Titicaca, considerando el hecho de que las cantidades de semen extraído en el pejerrey son mucho mayores a los obtenidos al de los orestias. La vitalidad del esperma del pejerrey fue calculado con un reloj de 3 a 5 minutos (Tarqui, 2003).

a) Madurez sexual

Precisamente es la talla a la cual no se debe pescar, de esta manera se da oportunidad al pez por lo menos de tener sus crías por primera y única vez en todo su ciclo de vida, si se captura este pez el recurso rápidamente se agotaría porque no habría peces reproductores (CIDAB, 2002).

b) Índice gonádico somático (IGS)

Se refiere a la relación entre el peso de la gónada con el peso total del cuerpo del pez, cada especie nativa tiene un valor específico de IGS que indica el grado de madurez (CIDAB, 2002).

Con estos valores se pueden determinar en qué fechas la mayoría de los peces se encuentran maduros o listos para desovar. A estas fechas se conoce como época de desove, por lo tanto a estas fechas se le pueden declarar como época de veda.

3.3.2.5. Fecundación artificial por el método seco

Según, Castañón, *et al.*, (2002), menciona que una vez obtenidos los productos gonadales, estos se mezclan para su fecundación y las actividades que se realizaron fueron las siguientes:

- Se recogió las ovas en un recipiente.
- Se incorporó el líquido seminal obtenido sobre las ovas colocadas en un recipiente.
- Se mezclaron cuidadosamente las ovas con el líquido seminal, con la ayuda de una pluma de ave para evitar daños.
- Los gametos sexuales se mezclaron durante 2 a 3 minutos.
- Se incorporó agua en el recipiente para realizar la fecundación.
- Una vez mezclados, se procedió a lavar las ovas con abundante agua para eliminar la suciedad.

- Las ovas fecundadas se las introdujeron en las incubadoras (artesas) ubicadas en la orilla del lago (ver anexo 5).



Figura 13. Fecundación de ovas

3.3.2.6. Conteo de ovas

Para realizar el conteo de ovas se desarrolló por el método gravimétrico basado en el pesaje de las ovas, utilizando para este propósito una balanza digital; las ovas fueron contadas 48 horas después de la fecundación, una vez que las ovas están hidratadas (Castañón, *et al.*, 2002).



Figura 14. Conteo de ovas

3.3.2.7. Incubación

Una vez separadas y libres de los filamentos, las ovas se trasladaron inmediatamente a las incubadoras de marca VICTORIA, previo lavado de las mismas para evitar infecciones (ver figura 15).



Figura 15. Incubación de ovas fecundadas de pejerrey

3.3.2.8. Ubicación experimental en campo

Para la instalación de las artesas se realizó primeramente la inspección en la zona litoral, del lago, que no tengan la presencia de totoras secas, lenteja de aguas y algas.

La disposición de las artesas se situaron delante del límite de crecimiento de las totoras (profundidad aproximada de 5m. observando factores como un constante oleaje para una buena oxigenación, además de una transparencia adecuada del agua (Hamamitsu, *et al.*, 2002).

3.3.2.9. Separación de ovas

La separación de ovas se realiza a partir de las 24 horas de fecundación, cuando las ovas ya están hidratadas y fortificadas. Este proceso se realiza de manera delicada el dasaglutinado de las ovas (separación y extracción de ovas muertas), esta actividad se realizó cada dos días, en un lugar sombreado para proteger del sol.

3.4. Evaluación estadística

El diseño que se empleó para la evaluación de la investigación, fue el Diseño Completamente al Azar con cuatro repeticiones. Este diseño es el más funcional para evaluación en condiciones homogéneas (Lago), (Ochoa, 2007).

El modelo estadístico lineal utilizado es el siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

X_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general del experimento

α_i = Efecto de la i-esima talla

ϵ_{ij} = Error experimental

3.5. Distribución de tratamientos

Cuadro 2. Tallas de los reproductores

TRATAMIENTOS
T1 Ovas extraídas de peces de 20 a 23 cm.
T2 Ovas extraídas de peces de 23 a 26 cm.
T3 Ovas extraídas de peces de 26 a 29 cm.
T4 Ovas extraídas de peces de 29 a 32 cm.

En el trabajo de investigación se utilizaron 16 incubadoras artesanales, los cuales fueron distribuidos en cuatro tratamientos (T1=tratamiento 1, T2=tratamiento 2, T3=tratamiento 3 y T4=tratamiento 4) como se muestra en el cuadro 2.

Las tallas de los reproductores hembras se usaron según la escala de madurez gonadal (ver anexo 1 cuadro 1) (Morales, 2003).

3.6. Variables de respuesta

3.6.1. Estructura de tallas

Se realizó la distribución de frecuencias entre clases según su longitud, para tal efecto se tomó como base la longitud total de los individuos de pejerrey (Tarqui, 2003).

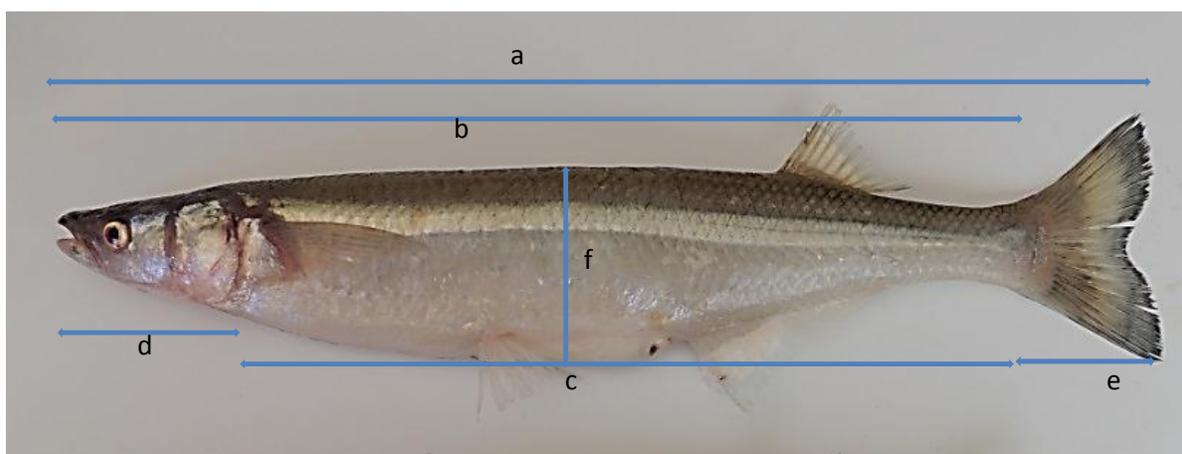


Figura 16. Criterios biométricos del pejerrey (*Odontheistes bonariensis*); a) longitud total; b) longitud estándar; c) longitud del cuerpo; d) longitud de cabeza; e) longitud de la aleta caudal; f) ancho de cuerpo.

3.6.2. Análisis físico – químicos del agua

La temperatura se midió con la ayuda de un termómetro manual de mercurio, se midió el oxígeno disuelto con un oxímetro, para el pH se realizó un análisis químico al agua del lago Titicaca.

3.6.3. Tiempo de incubación

El tiempo de incubación de las ovas se determina midiendo los días y la temperatura de incubación, desde la fecundación de las ovas hasta la eclosión de las mismas y desde la eclosión del alevino hasta la reabsorción del saco vitelino (Poma, 2005).

3.6.4. Porcentaje de eclosión

La eclosión se midió al momento en el que la membrana de la ova se quebró por disolución enzimática y por coleteo del embrión.

3.6.5. Costos de producción de alevinos

Perrin, *et al.*, (1976) define a los costos de producción como el desembolso o gasto de dinero que se hace en la adquisición de insumos o recursos empleados, para producir bienes y servicios, sin embargo el término de costo es muy amplio, ya que significa el valor de todos los recursos que participan en el proceso productivo de un bien en cantidades y en un periodo de tiempo determinado.

En la presente investigación, se planteó el análisis económico para la producción de cada alevino nacido.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presenta los resultados obtenidos durante el trabajo de investigación.

4.1. Estructura de talla

El número de observaciones correspondieron a 97 especímenes; de los cuales 46 fueron hembras y 51 fueron machos.

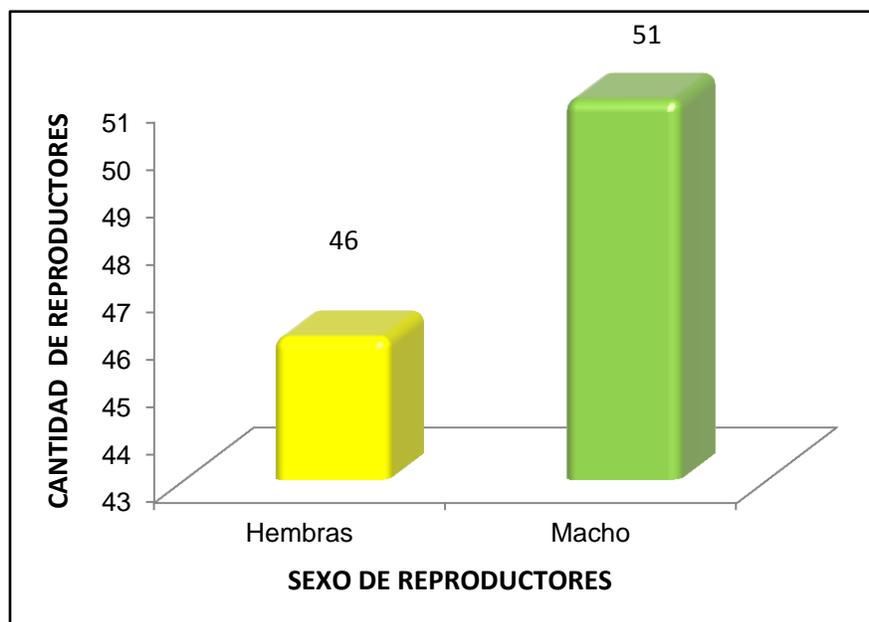


Figura 17. Total especímenes utilizados

Las tallas empleadas en la investigación, fue desde 20cm, hasta 32cm, distribuidos en cuatro tratamientos.

4.1.1. Estructura de tallas para hembras y grado de madurez sexual

El total de la población de hembras fue de 46 ejemplares, los cuales fueron distribuidos en cuatro tallas (ver figura 18).

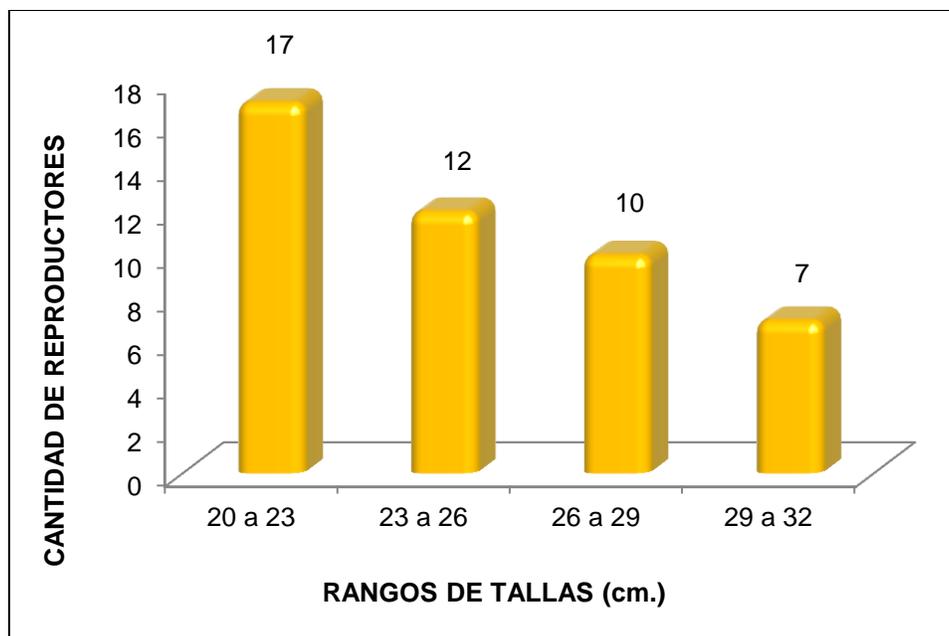


Figura 18. Hembras reproductoras por tallas

Según la figura 18., del total de 46 ejemplares hembras, 17 ejemplares se encuentran entre la talla 20 a 23cm, 12 ejemplares se encuentran entre la talla 23 a 26cm, 10 ejemplares se encuentran entre la talla 26 a 29cm, finalmente 7 ejemplares se encuentran entre la talla 29 a 32cm.

Cuadro 3. Pesos y promedio de tallas para hembras

Tallas	Total ejemplares hembras	Peso Total (gr.)	Peso Promedio (gr.)	Promedio de Talla (cm.)	Madurez gonadal		
					III	VI	V
20 a 23 cm.	17	1224	72	21,5	3	10	4
23 a 26 cm.	12	1266	105.5	24,5	0	8	4
26 a 29 cm.	10	1427.5	142.75	27,5	0	6	4
29 a 32 cm.	7	1758.75	251.25	30.5	0	3	4
TOTAL	46	5676.25			3	27	16

En el cuadro 3, se observa que en la talla de 20 a 23cm, 3 ejemplares se encuentran en el estadio III (en maduración), 10 ejemplares se encuentran en el estadio VI (el pez ha desovado, la gónada está vacía) y solamente 4 ejemplares están en el estadio V (la gónada es grande y lleno de fluidez); en la talla 23 a 26cm, 8 ejemplares se encuentran en el estadio VI, y 4 ejemplares en el estadio V; en la talla 26 a 29cm, 6 ejemplares se encuentran en el estadio VI, y 4 ejemplares en el estadio V; finalmente en la talla 29 a 32cm, 3 ejemplares se encuentran en el estadio VI, y 4 ejemplares se encuentran en el estadio V (ver anexo 1).

Cuadro 4. Distribución de reproductores hembras por tratamiento

Tratamiento	Tallas	Frecuencia Absoluta	Marca de Clase	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
T1	20 a 23 cm.	17	21,5	36,96	17
T2	23 a 26 cm.	12	24,5	26,09	29
T3	26 a 29 cm.	10	27,5	21,74	39
T4	29 a 32 cm.	7	30,5	15,22	46
TOTAL		46		100	

En el cuadro 4, se observa las frecuencias absolutas, frecuencia relativa y la frecuencia acumulada de ejemplares maduros de pejerrey hembra.

Según Ohashi, *et al.*, (1993), las hembras de 2 años de edad (más de 22cm, de longitud total) son en una gran mayoría sexualmente maduras. La cantidad de ovas es casi directamente proporcional al tamaño y al peso (en estudio) del ejemplar, encontrándose en el orden de 3000 a 30000 unidades, El índice de madurez total alcanza un promedio del 10%.

4.1.2. Estructura de tallas para machos

El total de la población de machos fue de 51 ejemplares, los cuales fueron distribuidos en cuatro tallas.

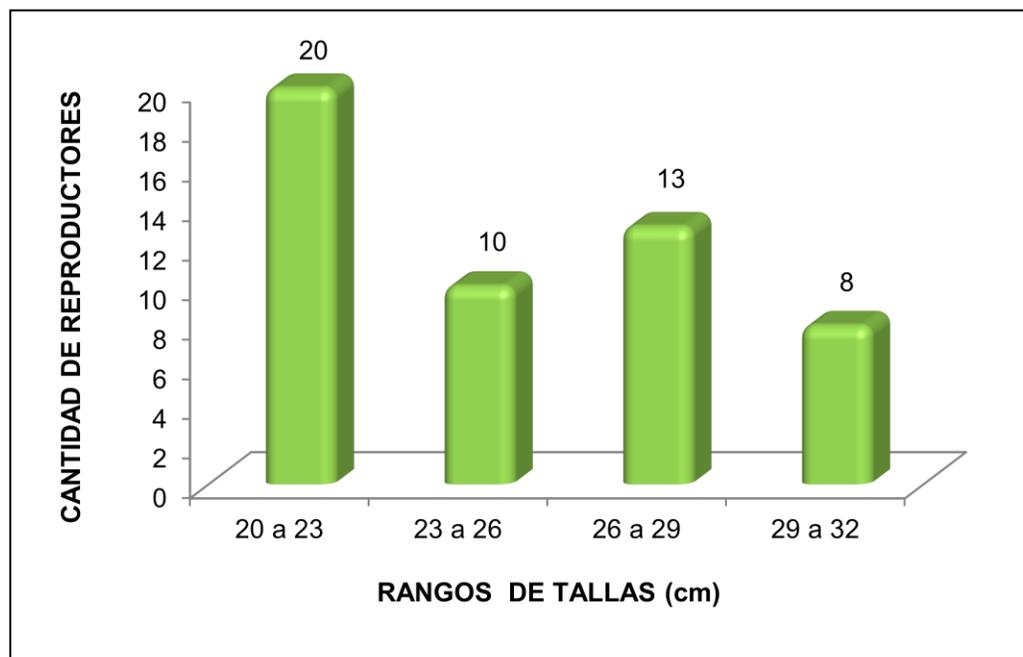


Figura 19. Cantidad de reproductores machos por tallas

Según la figura 19, de un total de 51 ejemplares machos, 20 ejemplares se encuentran entre las tallas 20 a 23cm, 10 ejemplares se encuentran entre las tallas 23 a 26cm, 13 ejemplares se encuentran entre las tallas 26 a 29cm, finalmente 8 ejemplares se encuentran entre las tallas de 29 a 32cm, de longitud.

Cuadro 5. Pesos y promedio de tallas para machos

Tallas	Total ejemplares machos	Peso Total del Pejerrey (gr.)	Promedio Peso del Pejerrey (gr.)	Promedio de Talla (cm)	Peces Seleccionados	Peces descartados
20 a 23 cm.	20	1.695	84,75	21,51	8	12
23 a 26 cm.	10	1.027,42	102,74	24,54	8	2
26 a 29 cm.	13	1.820,09	140,01	27,83	8	5
29 a 32 cm.	8	1.093,56	136,7	30,57	8	0
TOTAL	51	5635,97			32	19

Según el cuadro 5, se observa que: en la talla 20 a 23cm, de un total de 20 ejemplares se seleccionaron 8 ejemplares, descartándose 12 ejemplares; en la talla 23 a 26cm, un total de 10 ejemplares se seleccionaron 8 ejemplares, descartándose 2 ejemplares; en la talla 26 a 29cm, de un total de 13 ejemplares se seleccionaron 8 ejemplares, descartándose 5 ejemplares; finalmente, en la talla 29 a 32cm, se seleccionaron los 8 ejemplares.

Los 19 peces que se descartaron fueron porque solo necesitamos 32 ejemplares, la selección de los reproductores machos fue en relación 2:1, lo que indican que se utilizaron dos machos para fecundar las ovas de una hembra.

Estudios en la Argentina del río de la Plata utilizan una proporción sexual de 2:1, a favor de los machos, para especies nativas en el lago Titicaca se utilizan una relación de 4 hembras y un macho (GADLP-UPA, 2012).

En el presente trabajo de investigación se utilizaron 16 ejemplares reproductores hembras y 32 ejemplares reproductores machos, haciendo un total de 48 ejemplares de pejerrey.

En el cuadro 6, se observa las frecuencias absolutas, frecuencia relativa y la frecuencia acumulada de ejemplares maduros de pejerrey macho.

Cuadro 6. Tabla de frecuencias de reproductores machos

Tratamiento	Tallas	Frecuencia Absoluta	Marca de Clase	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
T1	20 a 23 cm.	20	21,5	39,22	20
T2	23 a 26 cm.	10	24,5	19,61	30
T3	26 a 29 cm.	13	27,5	25,49	43
T4	29 a 32 cm.	8	30,5	15,69	51
TOTAL		51		100	

Trabajos realizados en laboratorios de IMARPE República del Perú (1991), en reproducción artificial del pejerrey se utilizaron 60 ejemplares maduros sexualmente, distribuidos en 40

ejemplares de pejerrey macho, con una longitud promedio de 294mm, con una desviación estándar para la población de 3.72 y con 20 ejemplares de pejerrey hembra de longitud promedio de 331mm.

4.2. Número de ovas por reproductor hembra

Según INCAGRO, (2008), mencionan que para realizar el conteo de ovas de cada pez hembra consiste en contar el número de ovas extraídas utilizando la técnica del pesaje, con la metodología gravimétrico (ver anexo 6) y así determinar la cuantificación de ovas extraídas por cada tratamiento como se ve a continuación:

Cuadro 7. Cantidad de ovas maduras obtenidas por reproductor

Tratamiento	Tallas	Promedio de la cantidad de ovas extraídas por cada ejemplar
T1	20 a 23 cm.	1149
T2	23 a 26 cm.	2049
T3	26 a 29 cm.	3499
T4	29 a 32 cm.	19995

La diferencia entre los promedios de ovas en los diferentes tratamientos se debe principalmente al estado de madurez sexual de las reproductoras hembras (ver anexo 1)

Cuadro 8. Cantidad de reproductores por talla

Tratamiento	Tallas	Cantidad de ejemplares
T1	20 a 23 cm.	4
T2	23 a 26 cm.	4
T3	26 a 29 cm.	4
T4	29 a 32 cm.	4
TOTAL		16

Según el cuadro 8 en el presente trabajo de investigación se utilizaron solo los ejemplares fértiles para su posterior desove. De acuerdo al estadio y talla de madurez sexual del total de las muestras se establece 16 ejemplares que se encuentran en el estadio V, las tallas para la longitud estándar corresponden a tallas entre los 20 a 32cm, de longitud total.

4.2.1. Tasa de fecundación

La tasa de fecundación en los trabajos procedentes de reproducción artificial tuvieron un resultado por lo demás aceptable, el 85% manifiesta una validez en la metodología empleada, es decir que el método seco propuesto por el Ruso Brasky¹, es útil para la fecundación artificial *in situ* en la especie *O. bonariensis*.

Sin duda, un factor determinante para alcanzar valores máximos y altos de fecundación, es el grado de madurez de los productos sexuales utilizados. Las ovas fecundadas son de color amarillo verdoso (más oscuro que las no fecundadas) y tienden a hundirse; por el contrario, las no fecundadas flotan y son cristalinas.

Cuadro 9. Porcentaje de fecundación

Tratamiento	Tallas	Porcentaje de ovas fecundadas
T1	20 a 23 cm.	58,23
T2	23 a 26 cm.	88,78
T3	26 a 29 cm.	92,77
T4	29 a 32 cm.	95,02

El porcentaje máximo de fecundación alcanzó el 95% del total de ovas y en promedio la tasa de fecundación fue de 90%, lo que indica que el método seco fue eficiente. La variación no fue significativa, se atribuye a daños físicos que pueden haber sufrido las ovas durante el proceso de fecundación.

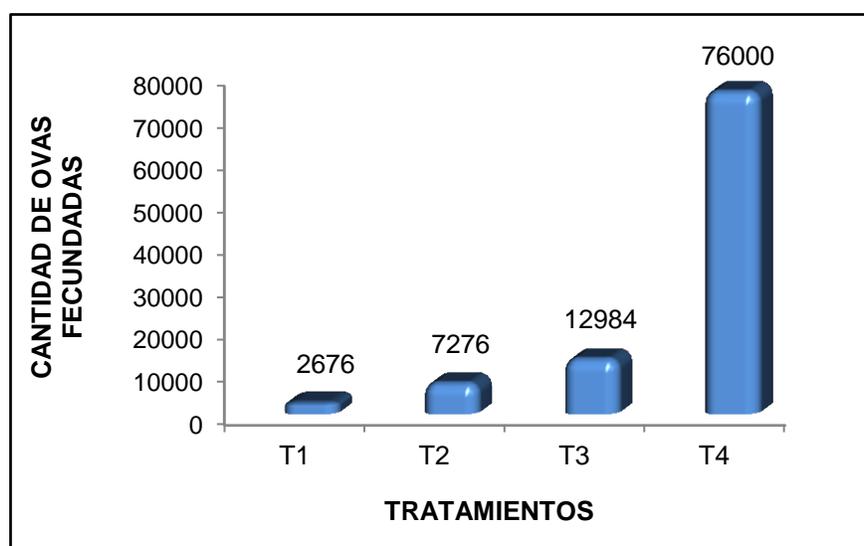
¹Brasky¹ Investigador que realizó la primera fecundación artificial mediante el método seco en truchas.

Cuadro 10. Total de ovas fecundadas e incubadas

Tratamiento	Tallas	Total ovas fecundadas e incubadas	Cantidad de ovas fecundadas e incubadas por ejemplar
T1	20 a 23 cm.	2676	669
T2	23 a 26 cm.	7276	1819
T3	26 a 29 cm.	12984	3246
T4	29 a 32 cm.	76000	19000
TOTAL	-	98936	

En cuadro 10, se observa que: el total de ovas fecundadas e incubadas del trabajo de investigación se fecundo y posteriormente se incubo 98936 ovas de pejerrey, las diferencias se debe a las tallas y la madurez sexual de cada reproductor.

Según, Ohashi, *et al.*, (1993), un aspecto importante es el tiempo de oportunidad para la mezcla de los productos sexuales, porque una vez colectado el líquido seminal debe mezclarse inmediatamente con los óvulos, con el fin de asegurar una alta fecundación.

**Figura 20. Cantidad de ovas fecundadas e incubadas por tratamientos**

Para una mejor evaluación se realizó el análisis de varianza, en el cual se observa que existen diferencias significativas entre las tallas (tratamientos). El coeficiente de variación del 8.93, nos muestra que existió un adecuado manejo de los datos obtenidos en campo.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la fecundación

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tallas	3	1690.25	563.41	9.4	3.49 *
Error	12	713.50	59.45		
	15	2403.75			

CV=8.93

Para una mejor diferenciación se realizó la prueba de medias.

Cuadro 12. Prueba de medias para fecundación

Tratamiento	Media		
T1	69.00	B	
T2	88.75		A
T3	92.75		A
T4	95.00		A

En el cuadro 12, se observa de acuerdo a la prueba de Duncan, que no existe una diferencia significativa, entre los Tratamientos 2, T3 y T4, pero si hubo una diferencia con el T1, esto debido porque en estas tallas no es recomendable para la fecundación.

Según Ardaya (2012), la tasa de fecundación para *O. bonariensis* fue de 95%, los altos porcentajes de fecundación validan la metodología aplicada para esta especie, existiendo escasa diferencia entre los valores reportados en el presente estudio y los reportados para el pejerrey.

Las diferencias encontrados es un factor determinante para alcanzar valores máximos de fecundación, estos están ligados directamente al grado de madurez de los productos sexuales, se atribuye también a daños físicos que podrían haber sufrido las ovas durante el proceso de fecundación.

4.2.2. Incubación

Una vez que se fecundaron las ovas después de reposar unos minutos fueron introducidos en un recipiente con agua del lago, donde las ovas comenzaron a hidratarse, cambiando su aspecto desde un estado gelatinoso inicial, hasta ponerse duros y turgentes. Posteriormente se realizó el lavado y el cálculo de la cantidad de ovas por el método gravimétrico (ver anexo 6).

Seguidamente se introdujeron las ovas en la incubadora artesanal VICTORIA, para su posterior incubación como se muestra en la figura 21.



Figura 21. Incubación de ovas de pejerrey *in situ*

La incubación depende de la temperatura del agua. Durante la incubación es indispensable el lavado diario de las ovas y la eliminación de las ovas muertas o no fecundados.

La incubación de los huevos es un proceso muy importante donde debe mantenerse la temperatura del agua y el oxígeno disuelto. El flujo de agua depende del tamaño de las incubadoras las cuales deben ser cónicas para un mejor aprovechamiento del flujo del agua (PROAGRO, 2014)

En Argentina, mostraron que el pejerrey es un pez que se puede fácilmente reproducir artificialmente en condiciones adecuadas con porcentajes muy altos de 90% y 95% incubación (Ringuelet, 2006).

Buitrón (2005), en trabajos realizados en condiciones *in situ* consiguió porcentajes de fecundación, altos de *Orestias luteus* 97%, seguido de *Orestias agassi* 95,37%, y *Orestias olivaceus* 92,13% respectivamente.

4.3. Tiempo de incubación

Durante la incubación se produce el desarrollo embrionario, el tiempo de duración depende básicamente de la temperatura del agua para condiciones en campo fue de 23 días a una temperatura de 14.5°C.

Cuadro 13. Análisis de varianza para tiempo de incubación

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tiempo	3	1.6875	0.5625	0.333	3.49 NS
Error	12	20.25	1.6875		
	15	21.9375			

$$CV=12.37$$

En el cuadro 13, se observa que no existen diferencias significativas (5%), entre tratamientos, esto se debería a que las ovas llegan a eclosionar en un mismo medio de incubación.

Al respecto Aparicio (1993), indica que la duración de la incubación es inversamente proporcional a la temperatura media del agua.

En el cuadro 14, se presenta el resumen del proceso reproductivo artificial de *O. bonariensis*, en la etapa de incubación:

Cuadro 14. Proceso embrionario

Proceso embrionario		
(grados/día)	(días)	Temperatura (°C)
140 – 250	21 – 23	12.5

(CIDAB, 2002)

En esta etapa se calculó las unidades térmicas acumuladas (UTA), el desarrollo embrionario del pez dura varios días necesarios para acumular un número de grados/día de temperatura (250 Unidades Térmicas Acumuladas como promedio).

Se realizó el cálculo desde el primer día de incubación, realizando una lectura de la temperatura tres veces al día, hasta el instante en que eclosionaron los embriones.

Desde la fecundación hasta la eclosión transcurrieron en 23 días y la temperatura media fue de 12.5°C, con un promedio de 250 U.T.A.; A medida en que la temperatura aumenta la adaptabilidad de las ovas se hace notoria.

Al respecto Copa (2012), expresa que en ambientes controlados o de laboratorio, se establece en un tiempo de 20 días a partir de la fecundación hasta la eclosión con una temperatura media establecida de 14 °C.

Según Poma (2005), anota 182 UTA a una temperatura de 14°C, estableciendo 13 días de ciclo de fecundación hasta el alevinaje para el mauri. Manifestando similitud en las conclusiones con respecto a la influencia de la temperatura y el desarrollo del embrión en la especie *Trichumycterus dispar*.

4.3.1. Fases de incubación

El óvulo fecundado se desarrolla y completa su ciclo (ova fecundada-embrión) en el transcurso de 3 semanas en ambientes naturales, pero en condiciones de laboratorio se adelanta debido a que está en condiciones controladas (Hamamitsu, *et al.*, 2002).

Las etapas de la incubación se observaron al microscopio óptico trinocular, en este se apreció las distintas etapas de formación del embrión.

En el desarrollo del embrión se distinguieron dos fases en particular, la fase 1 comienza a partir de una ova fecundada hasta la aparición de los ojos. La segunda etapa de desarrollo fue a partir de la aparición de los ojos hasta la reabsorción del saco vitelino (ver figura 22).

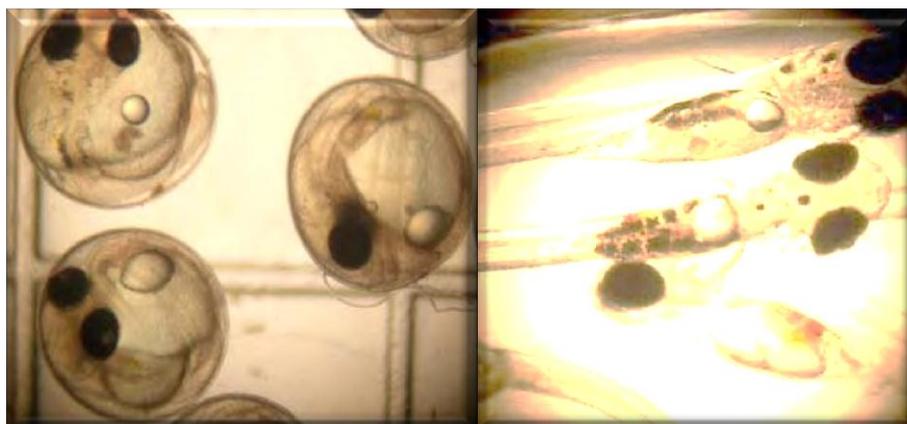


Figura 22. a) ova ojo de pejerrey; b) larva de pejerrey (Grosman, 1995)

Según Ohashi, *et al.*, (1993), menciona que la incubación en las Jarras Zoug modificadas (incubadoras de flujo vertical). Eclosionando a los 16 días a 15° y 11 días a 20°. Los mismos autores mencionan que las larvas eclosionadas tienen una longitud de 6 a 8mm y la absorción del saco vitelino se encuentra prácticamente concluida inmediatamente después de su eclosión.

4.4. Análisis físico – químicos del agua

La duración del proceso del desarrollo de las ovas depende de muchos factores, de los cuales los parámetros más importantes que se midieron fueron: temperatura, pH y cantidad de oxígeno disuelto (O.D.).

El desarrollo alcanzado por el pejerrey, es similar al hallado entre sus diferentes variedades, cuyo ciclo está entre 21 a 25 días, dependiendo de la temperatura dentro el ecosistema de incubación (Hamamitsu, *et al.*, 2002).

4.4.1. Temperatura

La temperatura influye directamente sobre todas las funciones importantes del organismo, las exigencias térmicas de los atherínidos varían según la especie, la procedencia y el estadio de desarrollo.

Desde la fecundación hasta la aparición de los ojos se registró una temperatura de 10.6°C, desde la aparición de los ojos hasta la eclosión se encontró una temperatura de 14.5°C, desde la eclosión hasta la pérdida del saco vitelino se encontró 12.5°C.

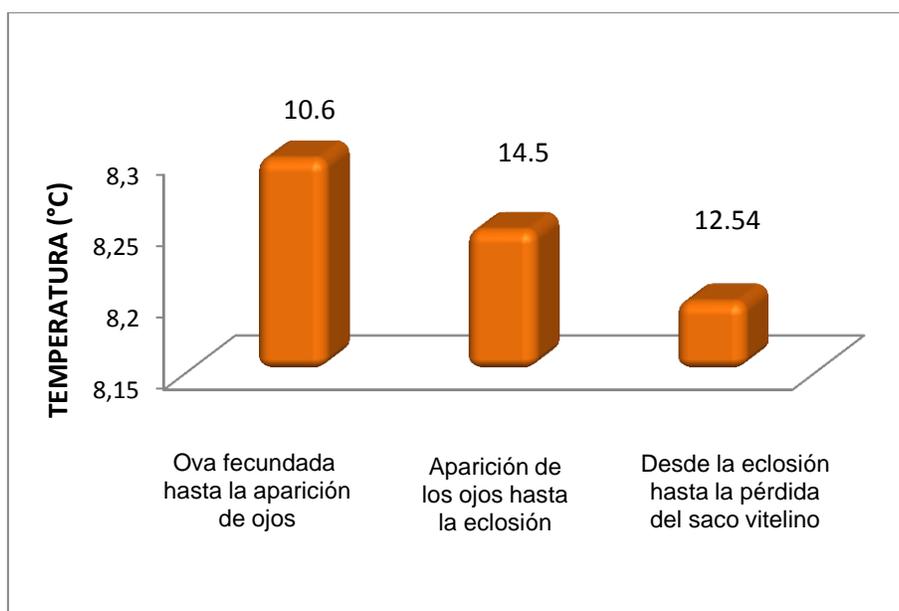


Figura 23. Parámetros de temperatura durante la incubación

En el lago Titicaca se observa que existen temperaturas que varía de 10.1 a 14,9°C, siendo mayor en el mes de septiembre con 14.9°C, debido a que este mes corresponde a la época de primavera y la mínima se registró en junio con 9.1°C, atribuible a la época de invierno.

En la incubación *in situ* la temperatura influye directamente sobre todas las funciones importantes del organismo. Las exigencias térmicas de los atherínidos varían según la

especie sin embargo se tuvo un promedio de 12.5°C, en la temperatura durante el proceso de incubación *in situ*.

Las temperaturas registradas, durante el estudio corresponden a rangos aceptables para el desarrollo normal de los peces del lago Titicaca, que oscila de 8°C, a 18°C.

Por debajo de 8°C, el desarrollo es lento, mientras que por encima de los 18°C, se acelera el metabolismo con posible presencia de enfermedades parasitarias (CIDAB, 2002).

Al respecto Dejoux, *et al.*, (1991), aclaran que factores tales como: la temperatura del aire, la fuerza del viento y la radiación global ocasionan las variaciones de la temperatura del agua del lago Titicaca durante el transcurso del año.

4.4.2. Oxígeno disuelto (O.D.)

La cantidad de oxígeno disuelto guarda una estrecha relación con la temperatura, altitud y del ambiente de incubación, si la temperatura es alta la cantidad de oxígeno disminuye y reduce de igual manera si la altitud es mayor la concentración de oxígeno es bajo.

Generalmente los peces que viven en aguas frías como los atherínidos (pejerrey) y los salmónidos (trucha), etc, necesitan más oxígeno para vivir, que los peces que viven en aguas calientes (Castañón, *et al.*, 2002).

Los contenidos máximos de oxígeno en el agua dependen de numerosos factores. La concentración de oxígeno disuelto disminuye al elevarse la temperatura y aumenta con la presión atmosférica.

En la reproducción artificial del pejerrey, el promedio de oxígeno disuelto fue en promedio de 6.4 mg/l, esto debido a que a menor temperatura mayor oxigenación.

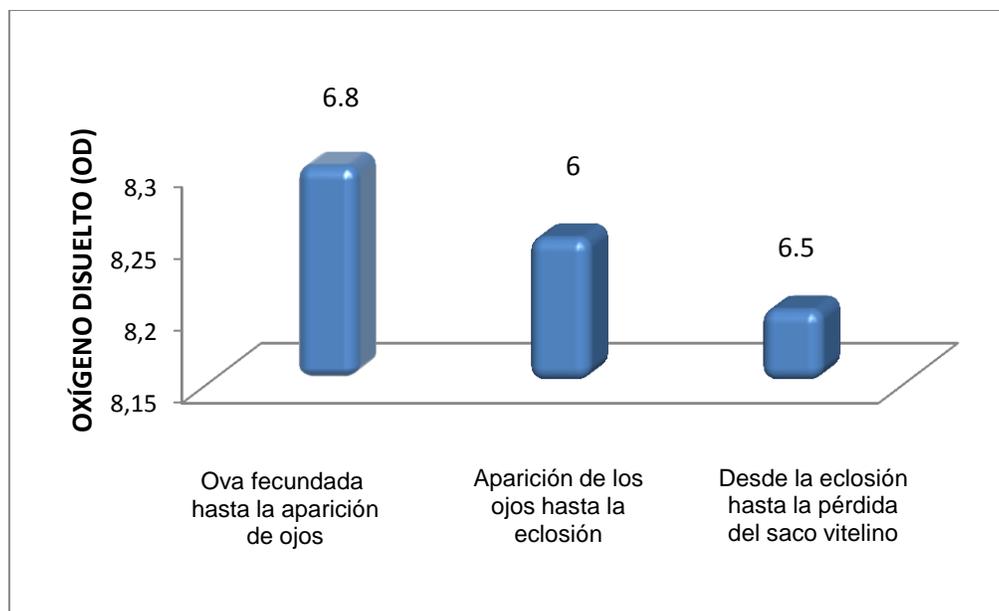


Figura 24. Parámetros de oxígeno disuelto durante la incubación

Según la figura 24., las concentraciones de oxígeno disuelto se encontró con tres datos los más importantes; desde la ova fecundada hasta la aparición de los ojos con 6.8 de O.D. desde la aparición de los ojos hasta la eclosión con 6.0 de O.D. y desde la eclosión hasta la pérdida del saco vitelino con 6.5 de O.D. con un promedio de 6.4mg/l.

La cantidad de oxígeno disuelto guarda una estrecha relación con la temperatura y altitud del lugar y del ambiente de incubación, si la temperatura es alta la cantidad de oxígeno disminuye; de igual manera si la altitud es mayor la concentración de oxígeno es bajo.

Trabajos realizados en aguas procedentes de la bahía del CIDAB Tiquina Provincia Manco Kapac lago Menor, se determinó una disolución de oxígeno de 5.50mg/l, (Loayza, 2009).

4.4.3. Potencial Hidrógeno (pH)

El pH es una manera de expresar la concentración de iones hidrógeno (H^+), en una solución, siendo muy útil para indicar cuantitativamente la acidez o basicidad (OH^-) en un sistema acuático.

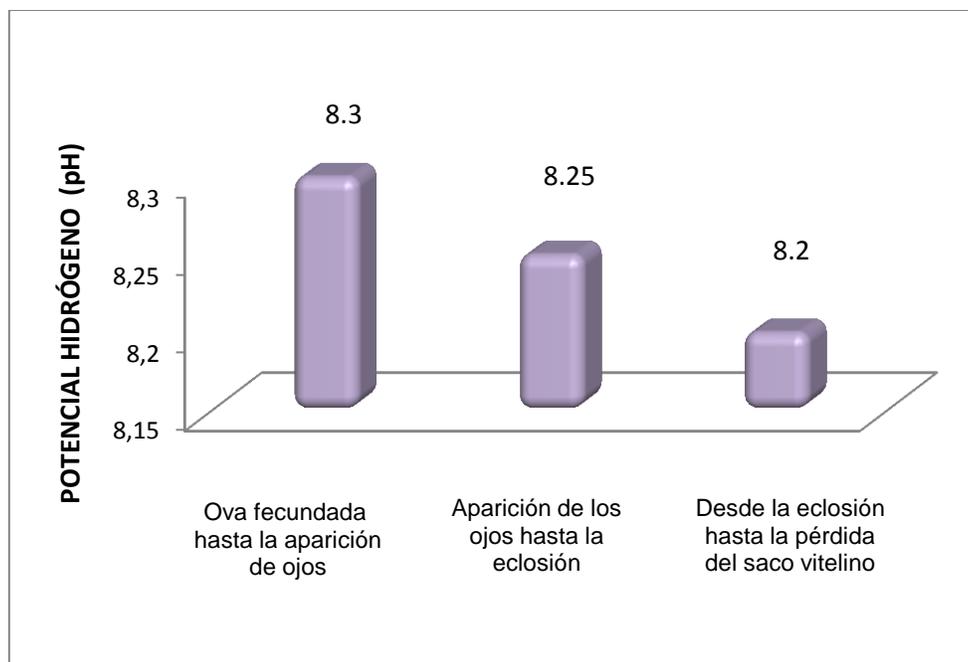


Figura 25. Parámetros de pH durante la incubación

Según la figura 25., los parámetros de pH durante el trabajo de incubación se contaron con tres fases; desde la ova fecundada hasta la aparición de los ojos con un pH de 8.3, la segunda fase desde la aparición de los ojos hasta la eclosión con iones de Hidrógeno de 8.25 y la última fase desde la eclosión hasta la pérdida del saco vitelino con un pH de 8.2.

En la presente investigación el promedio del pH fue de 8.25, entonces el medio de incubación fue ligeramente alcalino.

Según Morales (2003), señala también que el potencial de hidrógeno del lago Mayor no sufre variaciones durante el año, fluctuando desde 8.2 en febrero a 8.4 en noviembre.

Al respecto, Dejoux, *et al.*, (1991), afirman que los valores extremos de pH en el lago Titicaca están comprendidos entre 8,06 y 9,38 potencial de hidrógeno. Es así que los valores hallados en el presente trabajo, se encuentran dentro de dicho rango.

4.5. Mortalidad

El porcentaje de mortalidad se calculó desde la fecundación, hasta la eclosión.

Cuadro 15. Porcentaje de mortalidad por tratamiento

Ciclo Embrionario	Tratamiento	Tallas	Total de ovas fecundadas por Tratamiento	Mortalidad (%)	Total de ovas muertas
Desde la fecundación hasta la eclosión	T1	20 a 23 cm.	2676	38	1017
	T2	23 a 26 cm.	7276	18	1310
	T3	26 a 29 cm.	12984	10	1298
	T4	29 a 32 cm.	76000	8	6080
TOTAL			98936		9705

En el cuadro 4, se observa que el porcentaje de mortalidad alcanzado en el proceso de incubación fue de T1, con el 38% de mortalidad, en el T2, con el 18%, el T3 con el 10% de mortalidad y el T4, que fue el mejor tratamiento solo con el 8% de mortalidad.

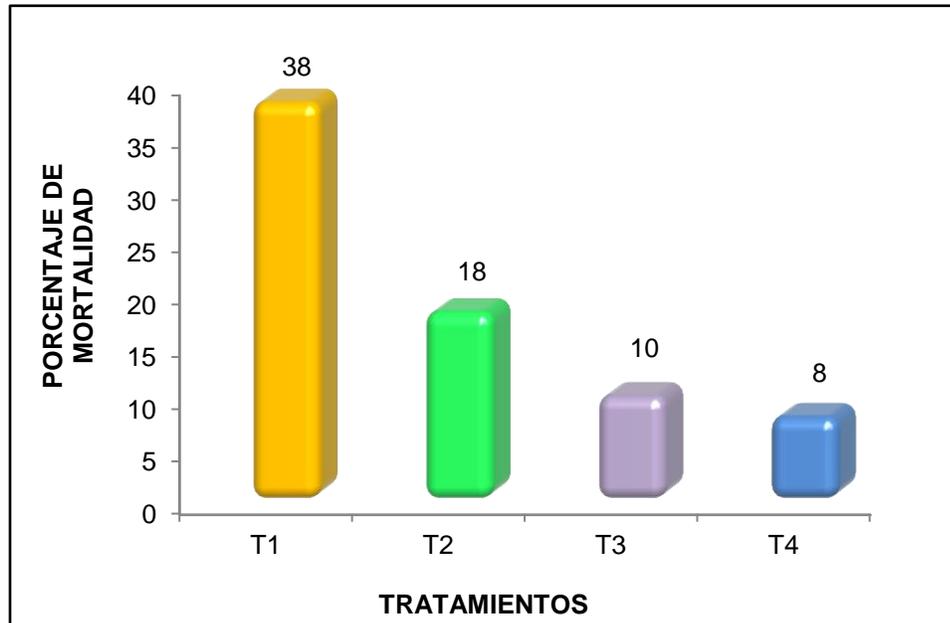


Figura 26. Porcentaje de mortalidad por tratamientos

El porcentaje de mortalidad alcanzó un promedio de: 38.8% el cual está entre los rangos encontrados por Yucra (1993), para el Pejerrey en Perú y los trabajos reportados son similares en la Provincia de Buenos Aires Argentina como la laguna de Chascomus que corresponden al 90% para esta misma especie.

Es muy importante que no haya oscilaciones térmicas pronunciadas, pues esos cambios provocan una elevada mortalidad (Berazaín, *et al.*, 2010).

Para controlar la temperatura se debe contar con un buen termómetro de máximas y mínimas, un aumento brusco de la temperatura del agua produce numerosas eclosiones prematuras.

4.6. Eclosión

El porcentaje de eclosión se calculó realizando una diferencia entre el porcentaje de ovas fecundadas e incubadas y el porcentaje de mortalidad.

Cuadro 16. Porcentaje de eclosión

Ciclo Embrionario	Tratamiento	Tallas	Total de eclosión de larvas	Eclosión (%)
Desde la fecundación hasta la eclosión	T1	20 a 23 cm.	1659	62
	T2	23 a 26 cm.	5966	82
	T3	26 a 29 cm.	11686	90
	T4	29 a 32 cm.	69920	92
TOTAL			89231	

Según el cuadro 16, se observa que desde la fecundación hasta la eclosión en el T1 eclosionaron el 62%, en el T2 eclosionaron el 82%, el T3 eclosionaron el 90% y en el T4 fue del 92% este último por ser peces de mayor tamaño y estar sexualmente maduros.

La membrana de la ova se rompe por disolución enzimática y por coleteo del embrión y esta a su vez depende de la temperatura del agua (FONDOEMPLO, 2010).

El tamaño eclosionado alcanza a 18mm, de la larva.



Figura 27. Larva de pejerrey eclosionando (FONDOEMPLO, 2010).

Luego de eclosionar las larvas están provistas de unas bolsas abdominales, denominada saco vitelino, del cual se provee de las sustancias alimenticias necesarias hasta que estén en capacidad de obtener su propio alimento (ver figura 27).

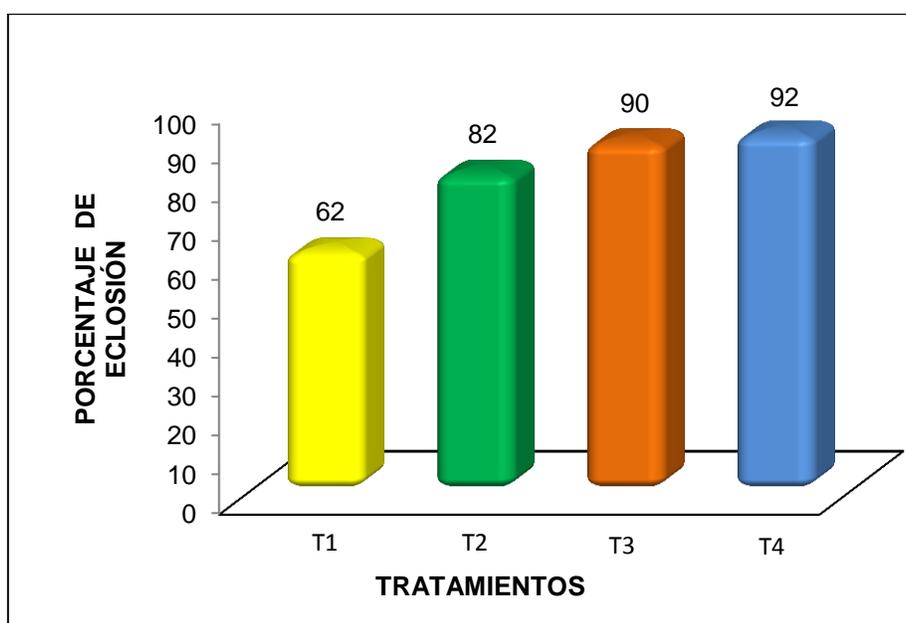


Figura 28. Cantidad de larvas eclosionadas por tratamientos

Según la figura 28, se obtuvo en el T1 el 62%, en el T2 el 82%, en el T3 se obtuvo el 90% y finalmente en el T4 se obtuvo el 92% de cantidad de larvas eclosionadas por tratamiento.

Trabajos realizados por Yucra (1993), menciona que la reabsorción del saco vitelino en el pejerrey ocurre en aproximadamente 2 días después de la eclosión, sin embargo está sujeto a variaciones de temperatura y cambios climáticos en el lago.

4.6.1. Problemas ictiosanitarios

Las ovas fertilizadas se desarrollan normalmente cuando las condiciones tales como oxígeno, temperatura y la eliminación de desechos son realizadas de manera oportuna, pero cuando existe cambios bruscos en estos aparece la micosis común en las ovas de peces como son los hongos (Aragón, 2012).

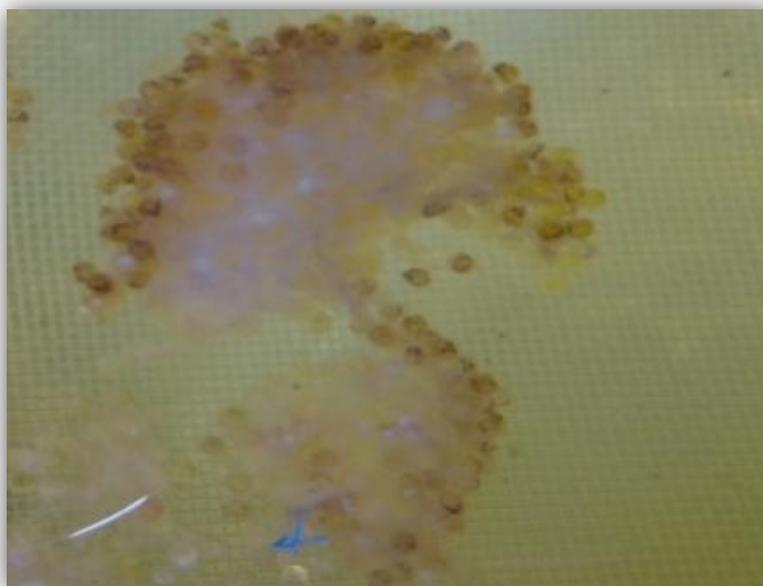


Figura 29. Ovas de pejerrey atacadas por (*Saprolegnia* sp)

Se evidenció que las altas tasas de mortalidad en la etapa de incubación son debida principalmente a la proliferación del agente causal micófito acuático denominado *Saprolegnia* sp que atacó con mayor severidad en un en el Tratamiento 1 con un 38% de mortalidad.

Por otra parte Sarmiento, *et al.*, (1991), relatan que en la práctica, sucede a menudo que las ovas mueren tras un breve período de desarrollo, bien durante el estadio de mórula o antes de su eclosión misma.

A un principio las ovas parecen sanas en su integridad, sin embargo al paso de unas horas algunas se vuelven de color blanquecinas y opacas generalmente ocurre este efecto al no ser ovas fecundadas, o tal vez debido a daños en la manipulación de estas.

Al respecto Aragón (2012), anota que las esporas microscópicas de los hongos acuáticos, como *Saprolegnia* sp, se encuentran en todas partes. Se pudo observar que en los huevos muertos se desarrollan con rapidez, atacan a los huevos sanos que quedan enredados en los densos filamentos de los hongos. Los huevos infectados se adhieren unos a otros y terminan por morir.

4.7. Análisis económico

El análisis económico se realizó mediante los materiales utilizados, en el trabajo de investigación el cálculo se efectuó considerando los precios en la compra de materiales e insumos.

El beneficio bruto se obtuvo con los precios promedios según peso y tallas de 20 a 32cm. para cada tratamiento, tomando en cuenta el cuadro 17 tenemos.

Cuadro 17. Costos de operación

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL (Bs.)
MATERIALES E INSUMOS				
Material biológico				
Peces	Libras	25	35	875
Material de laboratorio				
Mortero	Pza.	2	40	80
Caja Petri	Pza.	6	35	210
Pinza	Pza.	6	5	30
Pipeta	Pza.	4	15	60
Balanza digital	Pza.	1	100	100
Porta y Cubre objetos	Pza.	4	4	16
Material de campo				
Incubadoras VICTORIA	Pza.	16	250	4000
Soga de amarre	Rollo	1	120	120
Baldes	Pza.	4	15	60
Bañadores	Pza.	4	15	60
Toallas	Pza.	6	5	30
Transporte (ida y vuelta)	Viaje	20	80	1600
Alquiler lancha	Jornal	20	20	400
Improvistos	Jornal	20	70	1400
TOTAL				9041

El valor de cada alevino producido es de Bs 0,10.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos en el presente trabajo de tesis se llegaron a las siguientes conclusiones:

- ❖ Se utilizaron 4 reproductores hembras por tratamiento, de los cuales, en el T1, se tuvo una longitud promedio de 21.87cm, con un peso promedio de 86.04g; en el T2, se tuvo una longitud promedio de 24.28cm, con un peso promedio de 102.25g; en el T3, se tuvo una longitud promedio de 27.14cm, con un peso promedio de 142.08g; y en el T4, se tuvo una longitud promedio de 28.89cm, con un peso promedio de 149.45g.
- ❖ La cantidad de los reproductores utilizados, fueron: 32 machos y 16 hembras, un total de 48 ejemplares.
- ❖ Se fecundó y posteriormente se incubó un total 98.936 ovas de los cuales: en el T1, fueron incubadas 2.676 ovas, con el (2.70%), en el T2, fueron incubadas 7.276, con el (7.35%) en el T3, fueron incubadas 12.984 ovas, con el (13.12%). y en el T4 fueron incubadas 76.000 ovas, con el (76.82%).
- ❖ El análisis de varianza realizado a la fecundación, mostró que existe diferencias significativas entre las tallas (principalmente entre el T1 con el T2, T3 y T4).
- ❖ La temperatura promedio en el presente trabajo de investigación fue de 12.5°C y el tiempo de incubación fue de 23 días. No existe diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a los días de la incubación.
- ❖ El saco vitelino fue reabsorbido de 2 a 3 días, después de la eclosión.
- ❖ El porcentaje de mortalidad por tratamiento fue de 38.8% en el T1, 18 % en el T2, 10% en el T3 y 8% en el T4. Respecto al total de ovas incubadas en el trabajo de investigación se tuvo un porcentaje de mortalidad de 9.81% sobre el total.
- ❖ En el trabajo de investigación, eclosionaron un total de 89.231 larvas de los cuales: en el T1, eclosionaron 1659 larvas, el (1.86%), en el T2, eclosionaron 5966 larvas, el (6.69%), en el T3, eclosionaron 11686, el (13.10%), y en el T4, eclosionaron 69920 larvas, el (78.36%).

- ❖ Manipular tallas mayores a los 29cm. de longitud para tener mejores resultados en la fecundación, eclosión hasta la pérdida del saco vitelino.
- ❖ El valor de cada alevino producido es de Bs 0,10

6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos; en el presente trabajo se hacen las siguientes recomendaciones.

- ❖ Manipular reproductores de mayor longitud, con el fin de obtener una mayor cantidad de alevines.
- ❖ En el momento de manipular los peces deben pasar por un proceso de selección basado en la madurez y sexo de los reproductores.
- ❖ Tomar en cuenta que la técnica de reproducción artificial se realiza mediante el método seco, para lograr alto porcentaje de fecundación.
- ❖ Es necesario observar la eclosión y dar seguimiento a la post eclosión para conocer el número de alevines vivos y se procede a la siembra en lugares previamente determinados.
- ❖ Socializar la técnica de reproducción artificial de peces nativos hacia el sector pesquero para una preservación y aprovechamiento sostenible en el lago Titicaca.
- ❖ Controlar la pesca del pejerrey por arrastre ya que con este método se extrae alevines, juveniles y disminuye la reproducción natural de la misma.

7. BIBLIOGRAFIA

- Aragón E. 2012. "Recuperemos los recursos pesqueros", WWW. ALT- Peru-Bolivia.org.
- Ardaya V. 2012. "Potencial pesquero en el Lago Titicaca "Edición. 1ra Somos Unidos Ed.85p.
- Ardaya V. 2012. Informe "Evaluación de recursos pesqueros en el Lago Titicaca del Proyecto "Preservación y aprovechamiento sostenible de recursos icticas nativas en el lago Titicaca" SEDAG-LP.c/c.
- Aparicio J. 1993. "Validación de Técnicas de Inducción al desove e incubación controlada para mauri del Lago Titicaca" Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO.UMSA. 115p.
- Berazaín G., Claudia A., Velasco M. y Mirta S. Chiclana La plata 2010. Estación Hidrobiológica de Chascomús, Dirección de Desarrollo Pesquero, Subsecretaría de actividades Pesqueras, Ministerio de Producción, Provincia de Buenos Aires. "Historia de la piscicultura del pejerrey en chascomus" p.
- Berazaín G., C.A. Velasco F., Mir y D., Padín 2008 Producción intensiva de ovas embrionadas de pejerrey (*Odonthestes bonariensis*), a partir de reproductores mantenidos en cautiverio revista Biológica Acuática N° 24 año 2008 11-16p.
- Berazaín G., Velasco Y., Shiroyo D., Colautt D., y M. Remes Lénicov, 2006 "Cultivo intensivo de juveniles de pejerrey (*Odonthestes bonariensis*), en estanques CIVA 2006.
- Berazaín G., Colautti D. y Velasco C. 2001 "Experiencias de cultivo intensivo de larvas, juveniles y reproductores de pejerrey (*Odonthestes bonariensis*), del libro "Fundamentos biológicos, económicos y sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey" Ed. Fabián Grosman 212p.
- Berazaín G., Colautti D. y Velasco C. 2000 "Experiencias de cría de pejerrey (*Odonthestes bonariensis*), durante su primer año de vida 7p.
- Buitrón C. 2005. "Utilización de diferentes de tipos de Kakabans para incubación in situ de ovas de karachi enano en el lago menor del Titicaca" Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz, BO. UMSA. 83p.

- Castañón V., Flores T. y Limachi J. 2002. "Manual pesquero para el Re poblamiento del Lago Titicaca con peces nativos". La Paz, Bolivia. Editorial Tecno - print. 85p.
- Castañón V., De la Quintana H. y Limachi J. 1995. "Reproducción artificial de ispi (*Orestias ispi*)". Manual técnico IV. Centro de Investigación y Desarrollo Piscícola del Altiplano–CIDPA. 27p.
- Castañón V. 1994 "Evaluación de técnicas de desove e incubación artificial para (*Orestias luteos*)". Tesis de grado, UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 27- 37p.
- CIDAB. 2002. Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano, Seminario: Manejo de recursos pesqueros en el lago Titicaca". La Paz, BO. 38p.
- CDPETA. 1991. Centro de Desarrollo Piscícola y Enseñanza Técnica del Altiplano Tiquina-Pongo. MANUAL TÉCNICO II 35p.
- Chirinos A. y Chuman E. 1964. "Notas sobre el desarrollo de Huevos y Larvas del Pejerrey (*Odonthestes austromenidia*)" regia regia (Humboldt) La Punta Callao- Perú. Morfología BOLETIN 14p.
- Copa C. 2012. "Informe de Técnicas de reproducción de peces en lago Titicaca" del Proyecto "Preservación y aprovechamiento sostenible de recursos icticas nativas en el lago Titicaca" SEDAG LP. Boletín 50pág.
- Cuvier G. y Valenciennes A. 1835. "Histoire Naturelle des Poissons París", 1-22: 1- 650. (Cap. I).
- Dejoux C. e Iltis A. 1991. "El lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual". Ediciones ORSTOM, HISBOL. La Paz-Bolivia. 265-415p.
- Del Valle A. 1990. "Bases de la semicultura" Editorial Emisferio sur S.A. Buenos Aires Argentina 1ra Edición. 10p.
- FONDOEMPLEO. 2010. Asociación Civil LABOR, APT – Puno. PROYECTO "Mejorando la rentabilidad de la truchicultura en el Lago Titicaca con visión empresarial y responsabilidad social ambiental" COMPONENTE DE TECNIFICACIÓN PRODUCTIVA. Perú 2010

- GADLP-UPA. 2012. Gobierno Autónomo Departamental de La Paz. Unidad de Pesca y Acuicultura “Manual de Repoblamiento de Especies Ícticas Nativas en el Lago Titicaca”. 39p.
- Grosman F. 1995. “Fundamentos Biológicos Económicos y sociales para una correcta gestión, del recurso Pejerrey” Libro Pejerrey. (López H.L. y García M.L. 1991) 15p.
- Hamamitsu Y. y Morales S. 2002. “Reproducción artificial de trucha arco iris” CIDAB-JICA en Elementos Básicos en la producción de trucha arco iris en jaulas. Primera edición Tiquina La Paz-Bolivia 60p.
- Huet M. 1983. “Tratado de la Psicicultura” Ediciones Mundi Prensa Madrid España 3ra Edición. 13p.
- Ibáñez C., Zepita C., Gutiérrez R. UMSA IE Esquer Y. MNHN y Hugueny B. IRD. 2014. B-2 BIODIVERSIDAD ÍCTICA EN EL LAGO TITICACA 146-147p.
- INCAGRO. 2008. “INNOVACIONES AGROPECUARIA” Conteo de ovas en *Oncorhynchus mykiss*. Ministerio de Agricultura. Perú 2008.
- INIDEP. 2012. Instituto de Investigación y Desarrollo Pesquero de aguas continentales. INIDEP 2012. Ministerio de Asuntos Agrarios, Provincia de Buenos Aires, La Plata, Buenos Aires.
- IMARPE. 1991. Instituto Mar del Perú “Reproducción y crecimiento del pejerrey Artificial (*Basilichthys bonariensis*) del lago Titicaca Ojerani Puno 1990” informes internos.
- IMARPE. 1986. Instituto Mar del Perú, CAF-UMSA (Corporación Andina de Fomento-UMSA) “Evaluación de recursos pesqueros del lago Titicaca”
- Loayza A. 2009. Comparación de la incubación de ovas de punku (*Orestias luteus*) en condiciones de laboratorio e *in situ* Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz, BO. UMSA. 8-9p.
- Loubens G. y Osorio F. 1991. “Especies Introducidas: (*Basilichthys bonariensis*), In el Lago Titicaca: Síntesis del Conocimiento Limnológico Actual, En Dejoux C. y A. Iltis (1991) (eds). OSTOM-HISBOL, La Páz, Bolivia. 584(cap. VI.5B): 431-449.

- Loubens G. y Osorio F. 1990. "Observations sur les poissons de la partie bolivienne du lac Titicaca. (*Orestias spp*). Rev. Hydrobiol. trop. 21.
- Mamani F. 2004. "Utilización de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*), ispi (*Orestias ispi*) y carachi enano (*Orestias olivaceus*) como carnadas para la pesca del pejerrey (*Odonthestes bonariensis*) con dos tamaños de anzuelos, en la región de Soncachi" Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz, BO. UMSA. 8p.
- Morales S. 2003. "Elementos básicos en la producción de trucha Arco Iris en jaulas flotantes". 66 p.
- Ochoa R. 2007. "Diseños experimentales" Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía, Carrera Ingeniería Agronómica La Paz-Bolivia 57p.
- Ohashi M., De la Quintana H. y Castañón V. 1993. "Técnicas de producción de semillas de *Orestias Agassi*, *Orestias luteus*, *Orestias ispi*, *Trichomycterus sp* y *Odonthestes bonariensis* del lago Titicaca". MACA-JICA, 1ra edición 35p.
- Perrin R., Wilkelmann D., Moscardi E. y Anderson J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México 54p.
- Portugal J. 2002. "Los Urus: Aprovechamiento y manejo de recursos acuáticos" La Paz – Bolivia 31p. en Levieil D. y Orlove B. 1992. "Importancia socioeconómica de las macrofitas" El lago Titicaca. Op. Cit., 509-513p.
- Poma N. 2005. "Reproducción artificial e incubación artesanal in situ del mauri". Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO. UMSA. 67p.
- PDM. 2013 – 2017. Plan de Desarrollo Municipal Gobierno Autónomo Municipal de Puerto Mayor Carabuco. Tercera Sección Municipal Provincia Camacho del Departamento de La Paz - Bolivia 10 p.
- PNUMA-TDPS. 2011. "Perspectivas del medio Ambiente en el Sistema Hídrico" TITICACA-DESAGUADERO-POOPO-SALAR-DE-COIPASA Geo Titicaca 52-68p.
- PROAGRO. 2014. Programa de Cadenas Productivas Caracterización de la Cadena de Piscicultura en Colombia. Observatorio Agrocadenas Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. 2.0014

- Proyecto, Perú-Bolivia. 2003. Guía técnica: “Reproducción y crianza del género *Orestias*”. Asociación IIP Qullasuyo-CIDAB. Sub contrato: Programas de crianza de peces en hábitats de totora. 14p.
- PELT. 2002. Proyecto Especial Lago Titicaca. “Legislación pesquera de aguas continentales, especies ícticas nativas del lago Titicaca”. 1 ed, La Paz, BOL.
- PELT. 1997. Proyecto Especial Lago Titicaca “Apoyo a las actividades pesqueras y de acuicultura en la cuenca del lago Titicaca”. Informe final. Puno – Perú. 76p.
- Reartes J. 1995. El Pejerrey (*Odonthestes bonariensis*) “Métodos de cría y cultivo masivo. Edic. COPESCAL documento ocasional. N°9. Arg. 35p.
- Ringuelet M. 2006. Reproducción Artificial de Pejerrey en Argentina (Manual Técnico 3ra edición). Mendoza Argentina.
- Sarmiento J., Bigorne R., Carvajal F., Vallejos M., Maldonado M., Leciak E. y Oberdorff T. 2014. “Peces de Bolivia” Editores científicos IRD, Primera edición La Paz, Bolivia, Plural Editores, Impreso en Bolivia 31p.
- Sarmiento J. 1991. “Diccionario de Ecología”. Editorial J. L. Gómez Martínez. 1ra. Ed. Quito, Ec. Aloya-Yala. 220p.
- Segura M. 2007. “Encuesta Estructural de la Actividad Pesquera Artesanal. Instituto del Mar de Perú (IMARPE) Informe interno 21p.
- SENAMHI. 2010. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) Información agro climática de la localidad de Chaguaya La Paz-Bolivia.
- Tarqui F. 2003. Programa de capacitación: “Biología y reproducción artificial de las especies ícticas nativas del lago Titicaca”. CIDAB – JICA. Tiquina, La Paz, BO. 1ra. edición, en Loayza, A. (2009) comparación de la incubación de ovas de punku (*Orestias luteus*) en condiciones de laboratorio e *in situ* Tesis Lic. Ing. Agro. La Paz, BO. UMSA. 56p.
- Ticona O. 2012. Informe “Evaluación de recursos pesqueros en el Lago Titicaca del Proyecto “Preservación y aprovechamiento sostenible de recursos icticas nativas en el lago Titicaca” SEDAG-LP.c/c.

- Valero G. y Valencia E. 1992. "Estudio comparativo de los tallas Físico Químico del agua que influyen en el crecimiento de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en los sistemas de redes jaula y estanque C/E. CH./ UNA PUNO" Tesis UNA Puno Perú. 22p.
- Velasco C., G.E. Berzaín y M. Ohashi 2008. Producción intensiva de juveniles de pejerrey (*Odontheistes bonariensis*) revista Biológica Acuática N° 24 año 2008. 53-58p.
- Yucra M. 1993. "Reproducción artificial del pejerrey (*Basilichthys bonariensis*)". Tesis Lic. Bio. Puno, Perú. UNA 11-17p.

ANEXOS

Anexo 1. Estadios de madurez sexual de especies del Lago Titicaca

Cuadro 1. Estadios y características de la gónada

ESTADIO	CARACTERISTICA DE LA GONADA
Estadio I	Virgen e inmaduro
Estadio II	La gónada está en desarrollo
Estadio III	En maduración
Estadio IV	En maduración (la gónada es grande)
Estadio V	La gónada es grande, lleno tiene fluidez
Estadio VI	El pez ha desovado, la gónada está vacía
Estadio VII	el pez nuevamente comienza a madurar

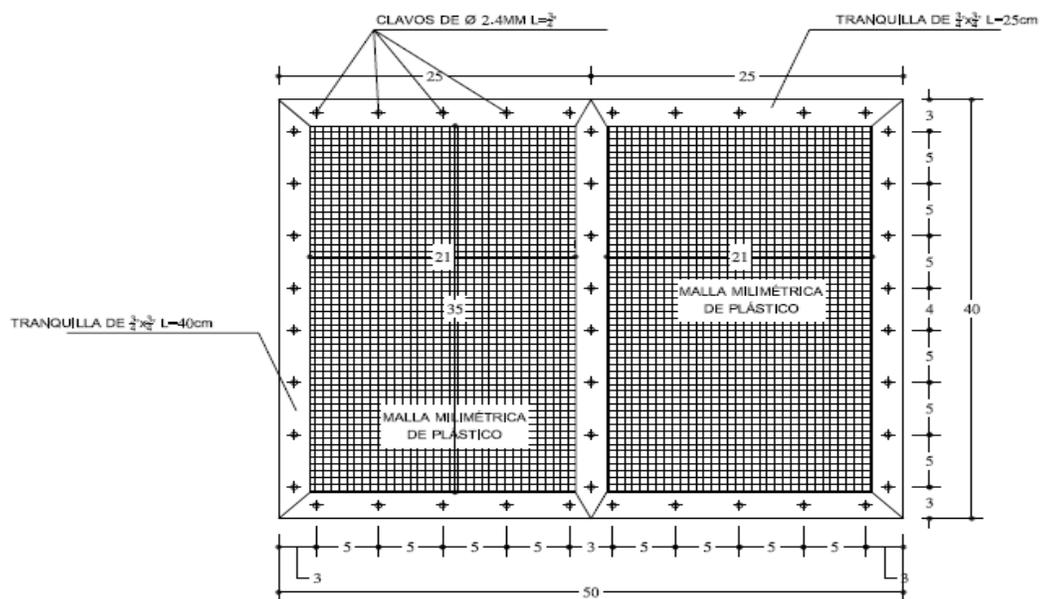
Fuente: Morales, (2003)

Anexo 2. Cuadro 2. Estimación de la talla, primera madurez sexual de las especies del Lago Titicaca

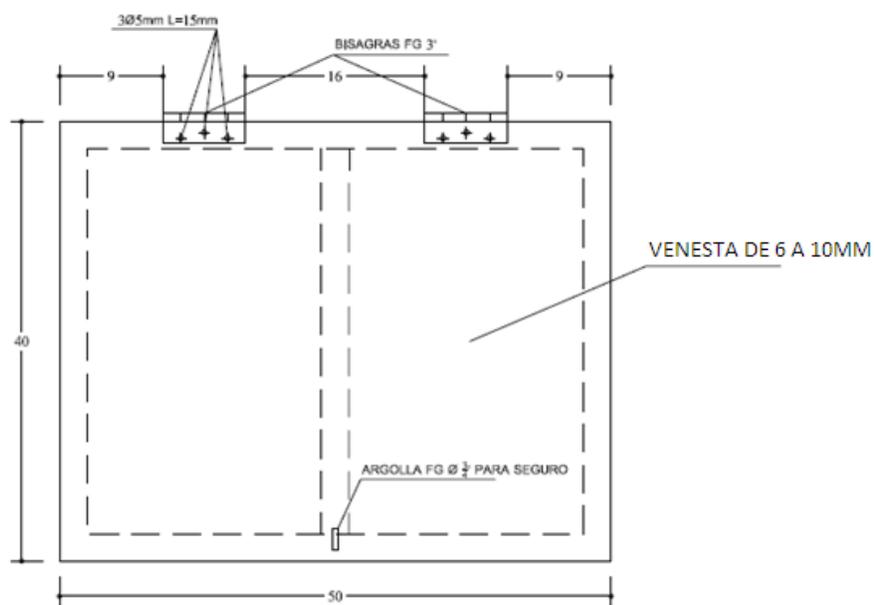
TALLA PRIMERA MADURÉZ SEXUAL			
Especie	Muestra (n)	Rango de Captura (cm).	Talla Promedio Madurez sexual (cm).
Karachi amarillo	100	9-17	13
Karachi negro	100	8.5-18	14
Mauri	100	11.5-20	15
Pejerrey	100	14-42	22.5
Ispi	100	4.3-8	4.4

Fuente: Morales, (2003)

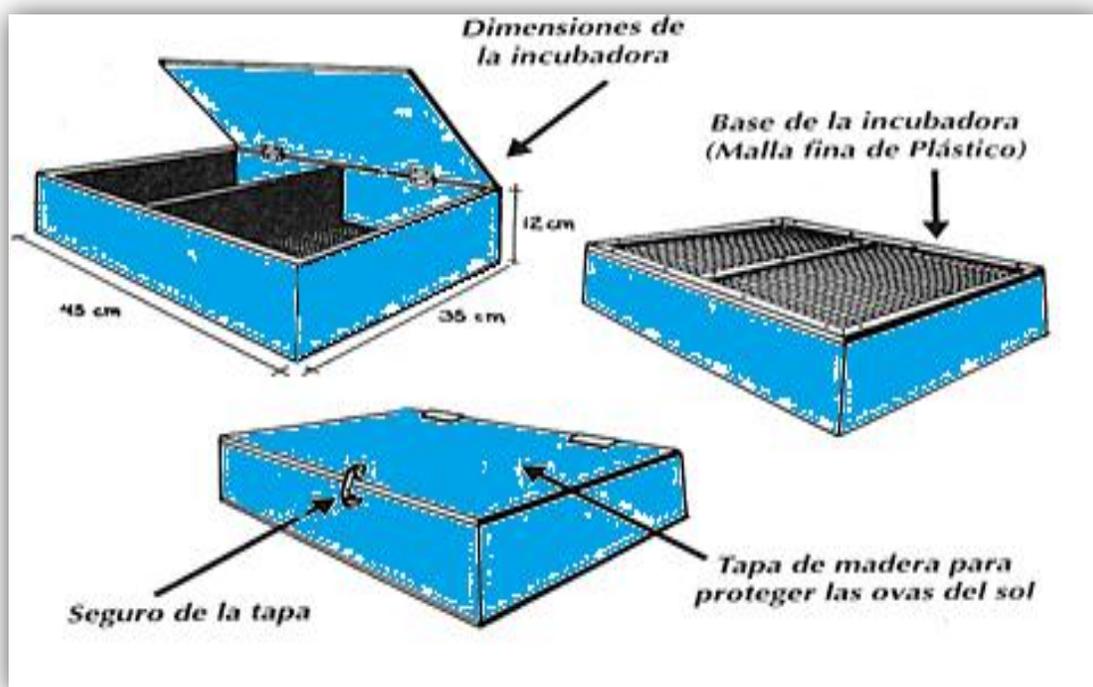
Anexo 3. Datos específicos de la incubadora VICTORIA



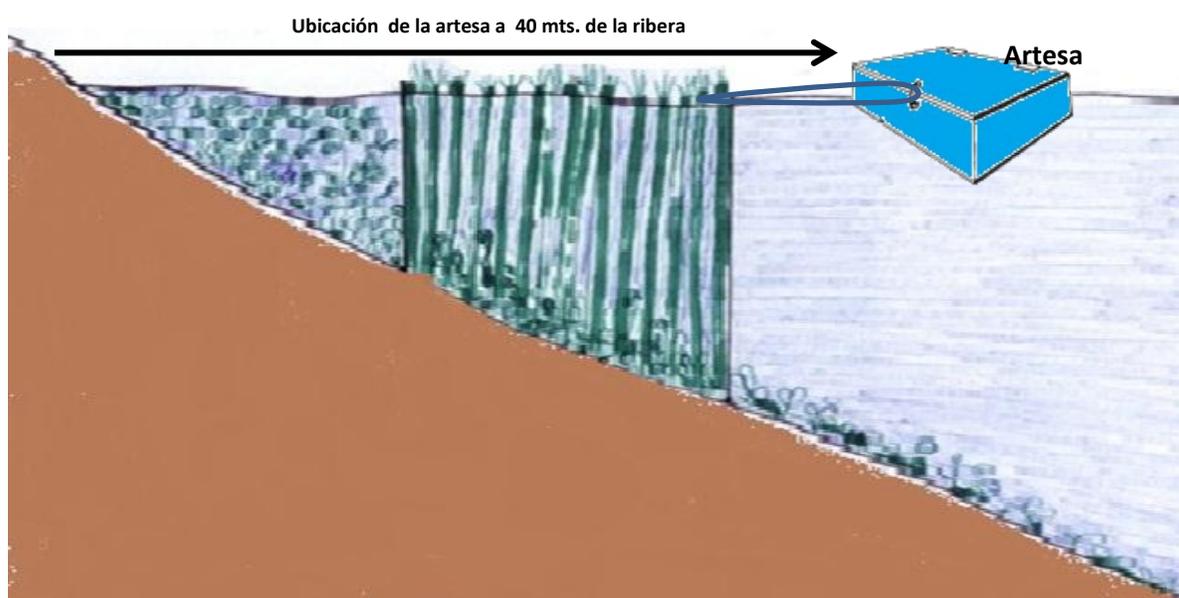
BASE INCUBADORA



TAPA INCUBADORA

Anexo 4. Medidas de las incubadora artesanales VICTORIA

Anexo 5. Ubicación de la artesa



Anexo 6. Metodología Gravimétrico (cuantificación de ovas)

Para la obtención del número de ovas fecundadas se utilizó el método Gravimétrico que consiste en contar el número de ovas en una muestra de 10g. de ovas, repetir el procedimiento para sacar el promedio, después de sacar el número promedio de ovas, llevar el número promedio de ovas a números de ovas por kilogramo, para luego determinar el número total de ovas multiplicando el promedio de ovas por el peso total de las ovas (INCAGRO, 2008).

Para conocer el número de ovas incubadas con el método gravimétrico:

Para obtener el número de ovas se calcula el peso total de ovas fecundadas (g.), sobre el peso promedio de una ova 0.0022 g. (CIDAB, 2002).

Ejemplo: un ejemplar del Tratamiento (T1)

Peso Total ovas fecundadas = 2.53 g.

Peso Promedio de una ova = 0,0022

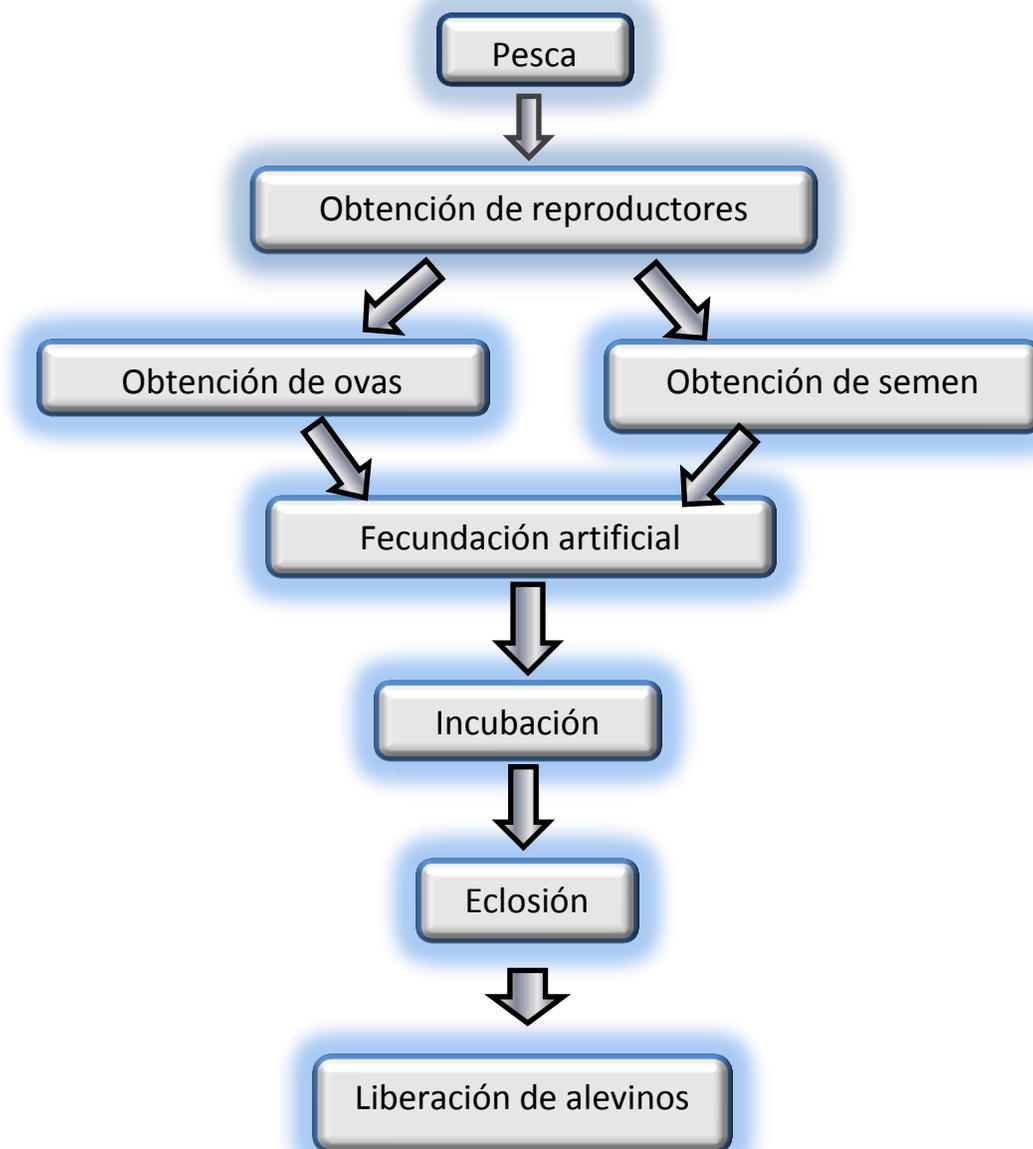
Cantidad de ovas:

$$\text{Cantidad de ovas} = \frac{\text{Peso Total de ovas fecundadas (g.)}}{\text{Peso Promedio de una ova (g.)}}$$

$$\text{Cantidad de ovas} = \frac{2.53 \text{ g.}}{0,0022 \text{ g.}}$$

$$\text{Cantidad de ovas} = 1149 \text{ ovas}$$

Finalmente en un ejemplar hembra del tratamiento 1, se fecundó 1149 ovas del genero (*Odonthestes bonariensis*)

Anexo 7. Flujo grama de reproducción artificial

Anexo 8. Dossier de fotografías



Foto1. Realizando el molido del testículo.



Foto 2. Pejerrey del lago con 50cm. de longitud.



Foto 3. Ovas fecundadas de pejerrey.



Foto 4. Viendo las fases en el microscopio.



Foto 5. Pejerrey con los testículos extraídos.



Foto 6. Pejerrey con las ovas extraídas.



Foto 7. Semen del macho.



Foto 8. Poro uro genital de la hembra.



Foto 9. Testículo del macho de pejerrey.



Foto 10. Gónada femenina (ovas) del pejerrey.



Foto11. Ovas al interior de la incubadora.



Foto 12. Pejerrey del lago Titicaca.