UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL E INCUBACIÓN ARTESANAL *in-situ* DEL MAURI (*Trichomycterus dispar*) EN LA BAHÍA DE SURIKI (Isla Paco, Lago Menor del Titicaca)

Nancy Poma Huanca

La Paz – Bolivia
2005

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Carrera de Ingeniería Agronómica

REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL E INCUBACIÓN ARTESANAL in-situ DEL MAURI (Trichomycterus dispar) EN LA BAHÍA DE SURIKI (Isla Paco, Lago Menor del Titicaca)

Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

NANCY POMA HUANCA

Tutor:

Ing. M.Sc.Victor Castañón Rivera .....

Asesor:

Ing. Agr.Victor Mollo Quisbert .....

Comité Revisor:

Ph. D. Abul Kalam Kurban .....

Ing. M.Sc. Aleida Miranda Moncada .....

APROBADA

Decano:

Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera .....

JURAMENTO ECOLÓGICO

Prometo usar mis ojos,

para ver la belleza de la naturaleza,

usar mis manos para ayudar a proteger

nuestro suelo, agua, bosques y animales

y con mi buen ejemplo, enseñar a otros

a respetar, usar adecuadamente y

disfrutar de nuestros recursos naturales . . . . . .

Reserva Biológica

DEDICATORIA

A la memoria de los señores Nicolás y Juana, mi eterna gratitud a quienes fueron mi guía..
A mi amada familia en especial a mis adorados padres Mateo y Dionisia, mi hermano Bedegaín y mi abuela Sebastiana por su amor, confianza, paciencia y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro Creador por darme protección, amor, bondad y brindarme la oportunidad en mi vida de llegar a donde llegué y hacer una realidad mi sueño tan anhelado.

Mi eterno agradecimiento a mis abnegados padres Mateo Poma y Dionisia Huanca, como también a mi hermano Bedegaín por su amor, comprensión y apoyo incondicional tanto moral como materialmente.

A la institución "Organización Integral Lago Titicaca Mayach'asis Atipjañani" OILTMA por el apoyo técnico que me brindó.

Mi agradecimiento al Ing. Víctor Castañón, Tutor del presente trabajo, por el apoyo, por su sugerencias y por su amistad.

Al Ing. Víctor Mollo, mi Asesor, por su valiosa contribución y sugerencias para la culminación del presente trabajo y por su amistad.

Un sincero agradecimiento al Tec. Justino Limachi y su familia por su cooperación y apoyo directo durante el trabajo de campo y a los pescadores por permitirme compartir y ser parte en la actividad pesquera.

A mi Tribunal Revisor: Dr. Abul Kalam e Ing. Aleida Miranda por sus sugerencias para enriquecer el presente trabajo y así mismo por el valioso tiempo dedicado a la revisión y corrección.

Al personal: Docentes, Auxiliares de Docencia, administrativos y de apoyo de la Facultad de Agronomía U.M.S.A. a quienes debo mi formación profesional.

Un profundo agradecimiento a las personas que estimo Félix, Juana, Silvi, Karo, Patty y Erika, además a Victoria , René, Andy, Sany, Vanesa y Yessica.

A Freddy Machicado por su aliento, a Cinthya Buitrón, Beatriz Vino, Verónica Acarapi, Ramiro Ochoa, Carmen Luna, Martín Apaza y Nelson Choque un especial y profundo agradecimiento, quienes me brindaron su amistad y sobre todo un apoyo incondicional para la culminación del presente trabajo.

A mis amistades y compañeros de estudio y en especial a mis amigos del grupo SEMILLAS y al grupo de trabajo TAVIA.

CONTENIDO

		Pág.
INDICE GENERAL		I
INDICE DE FIGURAS		III
INDICE DE CUADROS		IV
INDICE DE ANEXOS		
RESUMEN		V

INDICE GENERAL

1.	**INTRODUCCION**	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
2.	**REVISION DE LITERATURA**	4
2.1	Características de la cuenca lacustre	4
2.1.1	Subcuenca Titicaca	4
2.1.2	El lago Titicaca	5
2.1.3	Principales afluentes al lago Titicaca	5
2.2	La actividad pesquera en el lago menor	6
2.3	Componentes bióticos del lago Titicaca	7
2.3.1	Flora del lago Titicaca	7
2.3.2	Fauna del lago Titicaca	8
2.4	Componentes abióticos del lago Titicaca	10
2.4.1	Temperatura	10
2.4.2	Oxígeno disuelto	11
2.4.3	Potencial de hidrogeniones	11
2.4.4	Transparencia	11
2.4.5	Salinidad	12
2.5	Hidrología	13
2.6	Zonificación vertical del lago Titicaca	13
2.7	Clasificación taxonómica	14
2.8	Características morfológicas y anatómicas	15
2.8.1	Morfología del mauri	14
2.8.2	Fisiología del mauri	16
2.8.3	Glándulas anexas	17
2.9	Características alimenticias	17
2.10	Madurez sexual	18
2.11	Reproducción	18
2.11.1	Reproducción natural	18
2.11.2	Reproducción artificial	19
2.12	Fases durante la incubación	20

3.	**MATRIALES Y MÉTODOS**	21
3.1	Localización	21
3.2	Características del lugar	22
3.3	Materiales	24
3.3.1	Material biológico	24
3.3.2	Material de construcción e instalación de artesas	24
3.3.3	Material para fecundación	25
3.3.4	Matrial de campo	25
3.4	Metodología de la investigación	25
3.4.1	Reconocimiento del lugar	25
3.4.2	Construcción de artesas	27
3.4.3	Ubicación experimental	29
3.4.4	Instalación de flotadores y anclajes	30
3.4.5	Reproducción artificial e incubación artesanal	31
3.5	Variables de estudio	37
3.5.1	Porcentaje de fecundación	37
3.5.2	Porcentaje de eclosión	37
3.5.3	Tiempo de incubación	38
3.5.4	Porcentaje de mortalidad	38
3.5.5	problemas ictiosanitarios	38
3.5.6	Características generales de los reproductores	39
3.5.7	Características de los productos sexuales	39
3.5.8	Parámetos físico-químicos del agua	40
3.5.9	Costos de producción	40
3.6	Análisis estadístico	40
4.	**RESULTADOS Y DISCUSIONES**	41
4.1	Porcentaje de fecundación	41
4.2	Porcentaje de eclosión	42
4.3	Tiempo de incubación	43
4.3.1	Unidades térmicas acunuladas UTA	44
4.3.2	Fases de la incubación	45
4.4	Porcentaje de mortalidad	47
4.5	Problemas ictiosanitarios	49
4.5.1	Presencia de fungosis	49
4.5.2	Cuidados y limpieza durante la incubación	50
4.6	Características generales de los reproductores	51
4.6.1	Sex-ratio	51
4.6.2	Longitud estandar de los reproductores	52
4.7	Características de los productos sexuales	54
4.7.1	Número de ovas por reproductor hembra	55
4.7.2	Peso y diámetro de las ovas maduras	56
4.8	Parámetos físico-químicos del agua	57
4.8.1	Temperatura	57
4.8.2	Oxígeno disuelto	58
4.8.3	Potencial de hidrogeniones pH	59

4.9 Costos de producción 60
5 CONCLUSIONES 61
6 RECOMENDACIONES 63
7 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 64
ANEXOS 67

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Morfología externa del mauri	15
2	Vista panorámica de la bahía de Suriki	21
3	Mapa de ubicación de Suriki en la Isla Paco	23
4	Actividad pesquera en Suriki	26
5	Captura del mauri con red agallera	26
6	Artesa Victoria construida	27
7	Partes y demensiones de una artesa	28
8	Vista del lugar de la instalación	29
9	Vista lateral de la instalación	30
10	Vista de la instalación de las artesas	31
11	Reproductores de mauri	33
12	Obtensión de ovas	34
13	Extracción del semen	35
14	Mezcla de los productos sexuales	36
15	Deposito de ovas embrionadas en artesas	37
16	Medida de longitud estandar de reproductores	39
17	Ovas fecundadas	41
18	Larva con saco vitelino	43
19	Tiempo de incubación en días	44
20	Ovas recién eclosionadas	46
21	Alevines o larvas con saco vitelino	46
22	Alevinos de mauri	47
23	Porcentaje promedio por fases	47
24	Porcentaje de mortalidad por repetición	48
25	Ataque de *Saprolegnia sp*. En ovas puestas a incubar	50
26	Histograma longitud estandar de machos	53
27	Histograma longitud estandar de hembras	54
28	Histograma de número de ovas	56
29	Temperatura diaria a diferentes horas del día	57

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Las sub cuencas de la cuenca lacustre o cerrada	4
2	Aporte de los principales afluentes al lago Titicaca	6
3	Porcentaje de fecundación	41
4	Porcentaje de eclosión	42
5	Unidades térmicas acumuladas durante la incubación	45
6	Sex-ratio mensual	51
7	Estadí sticos descriptivos de los reproductores	52
8	Caracterí sticas de las ovas maduras	56
9	Costos de producción de alevines	60

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Croquis de la instalación de las artesas vista superior	62
2	Observación en laboratorio de fases del proceso embrionario	69
3	Datos de temperatura en ºC tomadas diariamente	71
4	Porcentaje de eclosión	73
5	Porcentaje de mortalidad	73
6	Costo de construcción de una artesa	74
7	Costo de producción para alevines de mauri	75

RESUMEN

En la bahía de Suriki Isla Paco Lago Menor del Titicaca, provincia Los Andes del Departamento de La Paz, se llevó a cabo la investigación sobre "Reproducción artificial e incubación artesanal *in- situ* del mauri (*Trichomycterus dispar*)", debido a que en los últimos años dicha especie nativa viene experimentando una disminución en su población a causa de varios factores entre ellos; la excesiva presión de pesca irracional por parte de los pescadores.

Los objetivos planteados fueron: Evaluar la viabilidad de la reproducción artificial e incubación artesanal *in-situ* del mauri, determinar el porcentaje de fecundación, el porcentaje de eclosión y el tiempo de incubación desde la fecundación hasta la reabsorción del saco vitelino; determinar el porcentaje de mortalidad durante el desarrollo embrionario y observar la presencia de problemas ictiosanitarios; observar las características generales de los reproductores; y características físico-químicos del lago; además de realizar los costos erogados para la producción de alevines de mauri.

Para el experimento se hizo la construcción de incubadoras artesanales denominadas "artesas victoria", las mismas se instalaron en la superficie del lago, con la ayuda de flotadores de bidones y botellas desechables, sujetadas con piedras para el anclaje.

Para la reproducción se utilizaron reproductores de mauri sexualmente maduros, con una relación de 1:3, la fecundación artificial se realizó por el método seco, el cual consiste en que por simple presión manual en el abdomen de los reproductores, tanto las ovas (sueltas, rodantes y de color translúcida y brillante) como el semen (color blanco lechoso), fueron expulsados sobre un recipiente limpio y seco, ambos se mezclaron con una pluma de ave, se hidrataron y posteriormente se lavaron con abundante agua , y finalmente se colocaron en las artesas para una incubación *in-situ*.

Se obtuvieron resultados en cuanto al porcentaje de fecundación de 98%; porcentaje de eclosión de 97.5%; porcentaje de mortalidad de 2.5% y un tiempo de incubación entre 8 a 13 días dependiendo de la temperatura y la acumulación de la misma en grados día a la cual fue de 120 y 182 UTA a una temperatura de 15 y 14 ºC respectivamente; en cuanto a las características de los reproductores, el sex-ratio encontrado fue de 1:3, la longitud estandar de reproductores de 13.5 cm en machos y 13.9 cm en hembras, el número promedio de ovas por reproductor hembra fue de 2075 ovas, el diámetro y el peso de la ova madura fue de 1.9 mm y 0.0027 g respectivamente. Los parámetros físico químicos promedio obtenidos fueron, una temperatura de 15 ºC, oxígeno disuelto 7.5 mg/l y un pH de 7.87; y finalmente indicar que el costo por alevino de mauri fue de 0.012 ctv. de Bs.

Se llegó a la conclusión de que es viable la reproducción artificial, en la incubadora artesanalmente construida por mostrar altos porcentajes de fecundación, eclosión y sobre vivencia hasta alcanzar la etapa de alevino.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Bolivia cuenta con tres cuencas hidrológicas importantes: la Amazonía, el Plata y el Altiplano en éste último se encuentra el lago Titicaca, situada en la porción del territorio boliviano-peruano, denominado "Lago Sagrado" desde el tiempo de las culturas precolombinas, siendo un ecosistema formado por una cadena trófica que ecológicamente se encontraba en equilibrio entre los componentes abióticos y bióticos, uno de los grupos más representativos en este último son las especies ícticas nativas de los géneros *Orestias* y *Trichomycterus*.

Entre las especies endémicas tenemos a la boga (*Orestias pentlandii*), ispi (*Orestias ispi*), carachi (*Orestias agassii*), mauri (*Trichomycterus dispar*), suche (*Trichomycterus rivulatus*), etc. Las mismas vienen experimentando una disminución paulatina año tras año en sus poblaciones debido a factores como: la introducción de especies foráneas de hábito depredador como la trucha y el pejerrey, la contaminación del ecosistema acuático por desechos domésticos y químicos, además de las nuevas artes y técnicas asociadas a la excesiva e indiscriminada pesca selectiva por parte de los pescadores sin respetar las épocas de veda entre otros.

El mauri (*Trichomycterus dispar*) es una de las especies piscícolas nativas en peligro de extinción que se viene capturando en grandes cantidades durante el año para satisfacer la demanda creciente en las poblaciones aledañas, como también de las ciudades de La Paz y El Alto. Por tanto en los últimos años se viene realizando investigaciones respecto a reproducción artificial de especies nativas en laboratorio y bajo condiciones controladas.

Aparicio (1993) realizó la investigación, probando tres tratamientos de inducción al desove: 1) Tratamiento hipofisario e inducción al desove natural. 2) Reproducción en estanques semi rústicos. 3) Tratamiento hipofisario e inducción al desove manual y fecundación por el método seco, todas en condiciones controladas. Así mismo probó dos técnicas de incubación horizontal y vertical; obteniendo mejores resultados con el tratamiento hipofisario e inducción al desove natural y posterior incubación vertical en botella de Zoug con flujo continuo de agua.

Espinoza (1999) también realizó, la reproducción artificial por el método seco bajo diferentes niveles de temperatura (10,17 y 25 ºC) y distintas concentraciones de oxígeno (3,4 y 5 mg/l) bajo condiciones controladas, resultando ser el más apropiado a 10 ºC y 3 mg/l.

1.2 Justificación

En áreas circunlacustres e islas del lago Titicaca la pesca es una actividad extractiva principal y/o complementaria a la parte agropecuaria, contribuyendo de esta manera al ingreso económico de los pescadores.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, es claro que debe darse prioridad a recuperar y mantener la biodiversidad del lago Titicaca, para un mejor contexto del desarrollo sostenible tanto ecológico, social y económico, pues es imperativo que se puedan combinar exigencias a priori tan opuestas como el consumo de pescado en la alimentación y al mismo tiempo la conservación de la diversidad biológica única en el mundo.

Por tanto es importante repoblar el lago, teniendo en cuenta que los pescadores no pueden acceder y mucho menos contar con equipos e infraestructura adecuada

como en algunos centros de investigación, por ende se considera fundamental realizar la reproducción artificial e incubación artesanal *in-situ* del mauri, poniendo de esta forma al alcance del pescador conocimientos acordes a su nivel técnico y económico, además de brindarle la oportunidad de contribuir a la sostenibilidad del lago Titicaca.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la viabilidad de la reproducción artificial e incubación artesanal *in-situ* del mauri (*Trichomycterus dispar*) en la bahía de Suriki.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de fecundación, el porcentaje de eclosión y el tiempo de incubación desde la fecundación hasta la reabsorción del saco vitelino.
- Determinar el porcentaje de mortalidad durante el desarrollo embrionario y observar la presencia de problemas ictiosanitarios.
- Observar las características generales de los reproductores.
- Observar las principales características físico-químicos del lago.
- Calcular los costos erogados para la producción de alevines de mauri.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características de la cuenca Lacustre

La cuenca Lacustre o Cerrada, se encuentra ubicada en la región Sud-Oeste de Bolivia, con una superficie aproximada de 154176 km^2 representando el 14% del territorio nacional comprende a los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí. Se la considera Cerrada por tener drenajes concentrados en lagos y salares, no desembocando a ninguno de los océanos (Justiniano y Carrasco, 2001).

Esta cuenca esta conformada por las siguientes Subcuencas: Titicaca, Desaguadero, Poopó; los salares de Coipasa y Uyuni como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Las Subcuencas de la cuenca Lacustre o Cerrada

Cuenca	Subcuenca	Superficie km^2	Territotio Nal. %
Lacustre o Cerrada	Titicaca	10.983	1.1
	Desaguadero	35.700	3.2
	Poopó	16.343	1.5
	Coipasa	27.760	2.5
	Uyuni	63.390	5.7
Total		154.176	14

Fuente: Justiniano y Carrasco, 2001

2.1.1 Subcuenca Titicaca

La subcuenca Titicaca comprende las provincias: Camacho, Omasuyos, Manko Kapac, Los Andes e Ingavi en su totalidad por el lado boliviano (Justiniano y Carrasco, 2001).

2.1.2 El Lago Titicaca

Es el lago navegable más alto del mundo y el de mayor extensión en Sud América; se encuentra a una altitud media de 3808.65 m.s.n.m. Por sus características es considerado un mar interior con una longitud máxima de 174 km y un ancho máximo de 65 km. El área total que abarca compartida con la república del Perú un 59.75 % y a Bolivia corresponde un 40.25 % (Justiniano y Carrasco, 2001).

El lago Titicaca tiene la característica de estar conformada por una hoya mayor denominada "Lago Mayor o Chucuito", y otra hoya menor llamada "Lago Menor o Wiñay Marca", ambas unidas a través del umbral geológico que recibe el nombre de "Estrecho de Tiquina" (Justiniano y Carrasco, 2001).

Los mismos autores, mencionan que las profundidades máximas se encuentran en el sector boliviano, al nor-oeste de la Isla Campanario con 275 m. La profundidad media en el estrecho de Tiquina es de 36 m y en el Lago Menor la media es de 14 m. En forma excepcional existe una hoya frente a la localidad de Chúa, la cual tiene una profundidad de 39 m.

2.1.3 Principales afluentes del lago Titicaca

Las fuentes de aporte del recurso hídrico al Lago Titicaca son los 5 ríos principales: Suchez, Huancane, Ilave, Coata y Ramis que aporta con un caudal respectivo anualmente como se aprecia en el Cuadro 2, donde el río Ramis es el que aporta más y el río Suchez el que aporta menos caudal (Ancco, 2001).

El comportamiento hidrológico de los principales afluentes es variable con presencia de las características de años secos y húmedos. Dichas variaciones es influenciada por los factores climatológicos, topográficos, la textura del suelo, la cobertura vegetal

y otros. Durante los años de 1965 – 2000, han ocurrido siete eventos extremos como años secos y húmedos, el cual se conoce también como fenómeno de "El Niño" mostrando las anomalías negativas y positivas, siendo el resto del periodo años normales (Ancco, 2001).

Cuadro 2. Aporte de los principales afluentes del Lago Titicaca

Río	País	Provincia	Sub-cuenca	Perímetro km	Caudal Anual
Suchez	Bolivia	Camacho	Lago Titicaca	339.0	340.21
Huancane	Perú	Huancane	Lago Titicaca	359.0	594.93
Ilave	Perú	El Collao	Lago Titicaca	478.0	1117.96
Coata	Perú	Sanromán	Lago Titicaca	314.0	1267.40
Ramis	Perú	Huancane	Lago Titicaca	847.0	2245.74

Fuente: Ancco, 2001

El único efluente natural del lago Titicaca es el río Desaguadero; nace en el Lago Menor al sud-oeste de la bahía de Taraco en la Provincia Ingavi. Durante su recorrido atraviesa la provincia Pacajes, Aroma y Gualberto Villaroel del Departamento de La Paz; y las provincias Barrón, Saucari y Cercado del Departamento de Oruro. En la localidad de La Joya el río Desaguadero se divide en dos ramales, uno en su antiguo curso, que ingresa al Lago Uru-Uru y el otro que surgió como efecto de la subida del nivel el año 1986, el cual desemboca directamente al lago Poopó (Justiniano y Carrasco, 2001).

2.2 La actividad pesquera en el Lago Menor

La actividad pesquera en el Lago Menor, es el producto de la interacción de diferentes elementos, tanto el espacio y el momento en que se practica la pesquería, hablamos de ciclos de pesca, es decir que el pescador conoce el comportamiento de cada una de las especies ícticas que son extraídas (alevines y peces adultos). Por

otra parte, la dinámica pesquera se guían de los bioindicadores los cuales a través de señales de la naturaleza inducen a realizar un tipo de pesca a diferentes profundidades, épocas y días, adecuando las técnicas apropiadas (Flores, 1999).

En los umbrales de este nuevo siglo, la actividad pesquera promueve una economía dinámica en términos monetarios y un intercambio recíproco en más de 11000 familias (7000 en el Perú y 4000 en Bolivia), generando fuentes de empleo en la comercialización, el acopio y su distribución a los consumidores a través de diferentes formas justificando la importancia social y económica (Castañón *et al*. 2002).

En Suriki a diario practican la pesca desde la antigüedad, es una de las actividades principales a las que se dedica su población, ya que su economía depende de ella, puesto que dominan los procedimientos, métodos y el empleo de los diferentes instrumentos de pesca, al paso del tiempo también se fueron modernizando en cuanto a las artes y aparejos (Limachi, 2002).

2.3 Componentes bióticos del lago Titicaca

Cualquier organismo planta o animal que vive en el agua se conoce como recurso hidrobiológico, los mismos pueden ser aprovechados por el hombre para su uso, cultivo, transformación y producción (Castañón *et al*. 2002).

2.3.1 Flora del lago Titicaca

La flora en el lago Titicaca es abundante y diversificada, compuesta por la flora microscópica y la flora macroscópica.

a) Flora microscópica. Al conjunto de plantas diminutas que no se pueden ver a simple vista, se conoce como "fitoplancton", al mismo se debe la coloración verde del agua. Dichas plantas durante el día posibilitan la oxigenación del agua y también sirven de alimento a los organismos microscópicos y macroscópicos del lago (Castañón *et al*. 2002).

b) Flora macroscópica. El lago Titicaca esta constituido por plantas acuáticas del tipo macrófitas, las mismas están relacionadas con características morfológicas de la zona circunlacustre y la profundidad del lago, se encuentran en poblaciones asociadas entre las cuales están la totora (*Schoenoplectus tatora*), matara (*Scirpus californicus*), chanco llachu o janchalia (*Elodea potamogeton*), inojo o lima o waca llachu (*Miriophylium elatinoides*), chilca llachu (*Potamogeton strictus*), lenteja de agua (*Lemma sp*), purina (*Chara sp*), etc. (IIP Qollasuyo - CIPP Chucuito UNAP, 2002).

La mayoría de la flora macroscópica sirve de habitad y cobijo para los peces y aves, además pueden ser aprovechadas para la alimentación del ganado (totora, lima y janchalia), el hombre (totora) y otras forman parte del ecosistema así como la purina, lenteja de agua y azolla (Castañón *et al*. 2002).

2.3.2 Fauna del lago Titicaca

Según Castañon *et al*. (2002) y IIP Qollasuyo - CIPP Chucuito UNAP (2002) existe una amplia y diversidad de fauna en el lago Titicaca como se describe a continuación:

a) Fauna Microscópica. La fauna microscópica son pequeños animales que no son visibles a simple vista, constituyen un recurso importante dentro de la cadena alimenticia en el ecosistema acuático y son conocidos como "zooplancton".

El zooplancton es de mucha importancia por constituir el alimento de los peces que habitan el lago Titicaca, estos animales tienen la apariencia de polvo en el agua poseen un movimiento constante, se encuentran en las orillas, zonas de totorales y en los desembarcaderos de los botes.

b) Fauna macroscópica invertebrada. Estos animales son visibles a simple vista, pero su tamaño son diminutos, estas especies se alimentan de animales microscópicos, entre las cuales se encuentran los kani kanis, caracoles, sanguijuelas, pequeños gusanos y otros los cuales son alimento de peces, ranas y pájaros.

c) Fauna macroscópica de vertebrados. También el lago esta constituido por la ictiofauna (peces), una variedad de familias respecto a la avifauna, anfibios entre las que se destaca la "rana gigante" del lago (*Telmatobius culeus*), lagartijas y roedores entre otros.

- <u>Ictiofauna del lago Titicaca</u>. Según CIDAB (2002) los peces más importantes y conocidos del lago Titicaca se describen como sigue:

Especies nativas existentes:

Carachi	*Orestias agassii*
Punku	*Orestias luteus*
Carachi eneno	*Orestias olivaceus*
Ispi	*Orestias ispi*

Especies nativas en peligro de extinción:

Boga	*Orestias pentlandii*
Suche	*Trichomycterus sp*
Mauri	*Trichomycterus sp*

Especie extinguida:

	Humanto	*Orestias cuvieri*

Especies introducidas:

Trucha Arco Iris	*Oncorhynchus mykiss*
Pejerrey	*Odontesthes bonariensis*

2.4 Componentes abióticos del lago Titicaca

Entre los componentes abióticos más importantes que se mencionan son los parámetros físico-químicos.

2.4.1 Temperatura

La temperatura condiciona, dentro de los procesos fisiológicos, la velocidad e intensidad de las reacciones bioquímicas. Así en el lago la estratificación termal y la densidad son las variables que regulan los ciclos físico-químicos, por tanto su metabolismo y su productividad de biomasa (CEEDI, 1990).

En general cuando la temperatura aumenta, también se incrementa la producción de la materia viva, el crecimiento y el intercambio de nutrientes. El exceso o la disminución pronunciada de las temperaturas, provoca la detención del crecimiento de los organismos, debido a la anorexia (falta de apetito) (Secretaria de Pesca, 1986).

.

Además este factor determina las cantidades de oxígeno disuelto disponible, si la temperatura es alta la cantidad de oxígeno disminuye y si la temperatura es baja la cantidad de oxígeno aumenta. La temperatura del Lago Menor tiene un promedio entre 10.5 a 15.5 ºC (CEEDI, 1990).

2.4.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es un elemento de vital importancia para la supervivencia de todas las especies en general, tanto vegetales y animales que viven en el agua. La transferencia de oxígeno en el lago se debe a la circulación, a las corrientes y a la turbulencia producida por los vientos fuertes que tiene en continuo movimiento a los cuerpos de agua (CEEDI, 1990).

La tasa de consumo de oxígeno, es una función de la concentración, cuando ésta es baja, los peces no pueden extraer suficiente oxígeno para sus necesidades metabólicas, lo que les puede causar la muerte. Las concentraciones de oxígeno para satisfacer las necesidades del metabolismo basal, se hallan en el rango de 5.0 a 7.5 mg/l (CEEDI, 1990).

2.4.3 pH

El pH del agua representa, la acidez o la alcalinidad, en el rango de 0 - 14. El factor en general importante que determina la concentración de hidrógeno, es la presencia o concentración del ácido carbónico o dióxido de carbono, ligado a la mineralización total (CEEDI, 1990).

Los valores del pH en la superficie son relativamente estables. En el Lago Menor los valores que se tienen son de 8.55 y 8.65; y los valores extremos observados de 8.06 y 9.38 (Dejoux e Iltis, 1992).

2.4.4 Transparencia

La transparencia depende de la cantidad y tamaño de las partículas de sedimento suspendidas como arcilla, arena, etc. Los cuales forman el material inorgánico en suspensión, estos sedimentos pueden ocasionar la turbidez del agua, por tanto los rayos de luz no pueden penetrar hasta el fondo, reduciendo el crecimiento del fitoplancton importante para la alimentación de los alevines y las crías (Secretaria de Pesca, 1986).

La transparencia media en el Lago Menor medida con el disco de Secchi, presenta valores extremos de 1.2 y 9 m, con transparencias más débiles en verano-otoño y más fuertes en invierno (Dejoux e Iltis, 1992).

2.4.5 Salinidad

La salinidad presente en los cuerpos de agua es debido a los aportes provenientes del lavado de las rocas de la cuenca de drenaje, por la precipitación pluvial en la atmósfera terrestre y por el equilibrio entre la evaporación y la precipitación, así mismo es determinada básicamente por la presencia de Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros (CEEDI, 1990).

Los mismos autores, indican que la salinidad del Lago Menor es de 956 mg/l y el gradiente de salinidad junto con las propiedades osmóticas e iónicas asociadas, es el factor que más influye en la distribución de los seres vivos de las aguas salobres. El mismo determina que la especie pueda adecuar sus mecanismos fisiológicos para adaptarse a las situaciones de cambios ambientales.

2.5 Hidrología

El régimen hidrológico del lago y sus tributarios es parecido al régimen tropical caracterizado por una época de aguas altas en febrero-marzo y un periodo de estío de julio-octubre (Sarmiento *et al*.1987).

Ancco (2001), indica que los aportes se deben principalmente a las lluvias y los afluentes de los principales ríos Suches, Huancané, Ilave, Coata y Ramis. Mientras las pérdidas importantes en un 90% ocurren por evaporación; el rol del río Desaguadero, representa el 1.5%, de las pérdidas totales en agua. La variación Inter-anual y estacional de la tasa de evaporación, explica la fuerte variación en escala anual del espejo de aguas (2.5 m), sin embargo representa un volumen poco importante comparado con el volumen total del Lago Mayor, en el que 2.5 m representa el 2.35% de su volumen promedio, se trata de un medio estable.

2.6 Zonificación vertical del lago Titicaca

De manera general y desde el punto de vista de la distribución de los peces el lago se divide en cinco zonas según Hamamitsu *et al.*(1993) y Meneces, mencionado por Quispe (2000), como sigue:

a) Zona profunda. Esta zona del lago también llamada abierta, se caracteriza por ser de fondo desnudo es decir no existen plantas acuáticas, la profundidad oscila entre 50 y 250 m, en esta región se encuentran especies *Oncorhynchus mikyss* y *Orestias ispi*.

b) Zona de profundidad mediana. Es una zona de fondo desnudo con una profundidad entre 10 y 50 m, en este lugar se encuentran especies como *Orestias.*

c) Zona pelágica. La profundidad alcanza los 20 m, en esta zona existen importantes poblaciones de ispi y pejerrey, además en estos lugares realizan la pesca nocturna para la captura de *Orestias ispi* y pesca diurna de *Oretias agassii* y *Orestias luteus*.

d) Zona bentica o zona de chara. La profundidad varia entre 2 y 12 m, en esta zona se encuentran fundamentalmente *Oretias agassii* y *orestias luteus* y en ocasiones *Orestias ispi* y de las especies introducidas juveniles de *Odontesthes bonariensis*.

e) Zona litoral baja. Esta zona es representada entre el cinturón de la totora y la orilla del lago, se caracteriza por tener profundidades menores a 2 m, ocupada en su totalidad por plantas acuáticas, además de ser una zona de desove para los *Orestias*.

2.7 Clasificación taxonómica

El mauri presenta la siguiente clasificación taxonómica según Sarmiento *et al*. (1987).

Phylum	: *Chordata*
Subphylum	: *Vertebrata*
Clase	: *Osteichties*
Subclase	: *Actinopteygii*
Orden	: *Siluriformes*
Suborden	: *Siluroidei*
Familia	: *Trichomycteridae*
Género	: *Trichomycterus*
Especie	: *dispar*
Nombre común	: mauri

2.8 Características morfológicas y anatómicas

2.8.1 Morfología del mauri

IIP Qollasuyo – CIPP Chucuito UNAP, (2002) y Quispe (2000), indican las características del mauri:

Los *Trichomycterus* son peces netamente bentónicos por lo cual su cuerpo y algunos órganos están adaptados funcionalmente, además soportan altas presiones producidas por el gran volumen de agua, por lo cual presenta un cuerpo aplanado dorsoventral mente como se observa en la Figura 1.

a) Cuerpo. El mauri es un pez alargado, de cuerpo desnudo que carece de escamas, cuya talla va desde 9.4 a 20 cm de longitud estándar. La cabeza es pequeña y achatada.

Figura 1. Morfología externa del mauri

La coloración de su cuerpo es variable puede ir de un fondo café grisáceo hasta un conjunto de puntuaciones o manchas oscuras y el vientre tiene una coloración blanca. Además presenta una sola aleta dorsal y los radios de las aletas son blandos y ramificados.

b) Ojos. Los ojos son pequeños y hundidos por su adaptación a escasa cantidad de luz, no pueden cerrarlos porque carecen de párpados, situados en orbitas una a cada lado de la línea media de la cabeza.

c) Barbos. Estos peces han desarrollado unas extensiones de la piel, para formar barbillas, las cuales son en número de dos pares en la base de la mandíbula inferior, y un par en la mandíbula superior considerándose estructuras accesorias que le sirven para la alimentación y son órganos sensoriales importantes en el fondo del lago.

2.8.2 Fisiología del mauri

a) Boca. La boca del mauri, es terminal e inferior con dos pares de apéndices táctiles y un par de apéndices sensoriales. La lengua es primitiva, es solo un pliegue carnoso que se desarrolla a partir de la base de la cavidad bucal (Ayala, 1981).

b) Estómago. El estómago se presenta a manera de una bolsa tubular bastante distensible, es frecuente en peces carnívoros y se complementa con un intestino relativamente corto y simple de tal modo que cuando el animal se encuentra en ayunas o exento de contenido estomacal, éste se mantiene como un conducto tubular más o menos replegado. En cambio cuando esta se halla repleto de alimentos se ensancha ostensiblemente por distensión de su tejido y membranas que conforman sus paredes (IIP Qollasuyo – CIPP Chucuito UNAP, 2002).

c) Intestino. El intestino en peces carnívoros es acortado, posiblemente porque es más fácil digerir alimentos formado por tejido animal a diferencia de peces herbívoros que son alargados con varios dobleces (Lagler *et al*. 1984).

2.8.3 Glándulas anexas

a) Hígado. El hígado órgano que participa en el proceso de la digestión a través de la vesícula biliar (emulsificación de grasas). También sirve como un órgano de almacenamiento de grasas y carbohidratos conocida como glucógeno (Montoya, mencionado por Quispe, 2000).

b) Páncreas. En los peces muchas veces es difuso, tiene funciones endocrinas y exocrinas, suele hallarse entre algunos tejidos de sostén(Montoya, mencionado por Quispe, 2000).

c) Vejiga natatoria. El mauri carece de vejiga natatoria o esta sumamente atrofiada, ya que cuando los ejemplares se introducen al estanque éstos nadan en el fondo chocando con obstáculos hasta encontrar sombra o refugio, permaneciendo oculto en el lugar (Quispe, 2000).

2.9 Características alimenticias

El mauri adulto es un pez con régimen alimenticio de origen bentónico, por la forma del cuerpo y la atrofiación de la vejiga natatoria, por tanto accede a la zona béntica del lago para alimentarse por diferentes organismos presa como la *Hyalella sp* el cual es más preferido, seguido por los huevos de peces, larvas de *Chironómidos*, nematodos y pulgas de agua (Quispe, 2000).

La alimentación varía de acuerdo a la edad y biotopos; así los alevines en sus primeras edades se alimentan de elementos fitoplanctónicos, estadíos larvales y juveniles de zooplancton; los especimenes adultos, tienen una preferencia alimenticia carnívora. Su tipo de alimentación es eurífaga es decir que su dieta esta compuesta por varios ítem o componentes (IIP Qollasuyo – CIPP Chucuito UNAP, 2002).

2.10 Madurez sexual

Es un proceso cíclico la madurez sexual del pez adulto, que pasa del reposo sexual al estado de individuo maduro, para luego retornar a la fase de reposo sexual, dicho proceso se verifica en un individuo que realiza la primera maduración o en uno que reinicia el ciclo reproductivo, siendo importante el desarrollo de las gónadas (Sarmiento *et al*. 1987).

2.11 Reproducción

El aspecto más vital de la lucha por la existencia es la capacidad de reproducirse fructífera y repetidamente durante su ciclo de vida, incrementando así la producción original con su descendencia (Woynarovich y Horvath,1981).

Los peces mediante la reproducción perpetúan su especie y varía de acuerdo a la especie y al lugar donde viven, así el mauri tiene diferente forma de reproducción que otras especies (Castañón *et al*. 2002).

2.11.1 Reproducción natural

El mauri realiza el desove natural en zonas litorales y preferentemente en los ríos, donde migran saliendo de su habitad natural, con la característica principal que requiere sustratos blandos como arena para su desove siendo, capaces de adoptar la coloración similar al del frezadero como una forma de defensa (Aparicio, 1993).

El mismo autor señala, que la hembra es inducida al desove por movimientos laterales y rítmicos del macho, el cual ejerce una presión suave sobre el abdomen

de la hembra provocando la salida de las ovas que son fecundadas de forma paralela y los padres tienen una conducta de protección por sus descendientes.

2.11.2 Reproducción artificial

La reproducción artificial es una serie de pasos que se debe seguir y donde interviene la mano del hombre (Imaki, 1987).

a) Fecundación artificial por el método seco. La fecundación artificial consiste en mezclar las ovas con el semen, en recipientes libres de agua utilizando pluma de ave, para luego de un lapso de tiempo lavar las ovas embrionadas con abundante agua (Imaki, 1987).

b) Incubación. Según la Secretaria de Pesca (1986), la incubación se refiere al tiempo que transcurre entre la fecundación del óvulo hasta el avivamiento (nacimiento del alevín).

Durante la incubación los factores que influyen directamente son: la temperatura, la luz y la época principalmente (Limachi, 2002).

c) Incubadoras. La incubación puede llevarse a cabo artificialmente en incubadoras, siendo el medio que reúne las condiciones adecuadas como: aireación, corrientes, temperatura, etc. para el desarrollo de las primeras etapas de vida de los peces (Secretaria de Pesca, 1986).

La incubación se puede realizar en incubadoras de flujo horizontal utilizando bandejas o en incubadoras de flujo vertical utilizando "jarra de Zoug modificado, este método es eficiente para ovas de *Trichonycterus* siempre y cuando se tenga un flujo de agua constante y uniforme (CIDAB, 2002).

2.12 Fases durante la incubación

Según Huet, mencionado por Espinoza(1999), en el periodo de incubación se distinguen tres fases como sigue:

Primera fase:	Desde la fecundación hasta la aparición de los ojos.
Segunda fase:	Desde la aparición de los ojos a la eclosión.
Tercera fase:	Desde la eclosión hasta que finaliza la reabsorción del saco vitelino.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la bahía de Suriki (Figura 2), Isla Paco perteneciente al municipio de Puerto Pérez 4ta sección de la provincia Los Andes, frontera con la República del Perú, distante a 102 km de la ciudad de La Paz por vía carretera hasta Huatajata y 15 km más por vía lacustre hasta Suriki (Quispe, 1999).

La isla se encuentra geográficamente ubicada a 16º 24' Latitud Sur, 68º 45' Longitud Oeste y a 3810 m.s.n.m. en el centro del Lago Menor o Wiñay Marca como se observa en la Figura 3, además de tener una representatividad en cuanto a la actividad pesquera y más propiamente por encontrarse el habitad natural del mauri en inmediaciones de dicha isla.

Figura 2. Vista panorámica de la bahía de Suriki Isla Paco

3.2 Características del lugar

El clima es semiárido, la precipitación anual varía de 400 a 600 mm con lluvias durante el verano y sequedad en el invierno. Normalmente las precipitaciones vienen acompañadas por tormentas eléctricas y fuertes granizadas, en su mayoría los meses de diciembre a abril. Se tiene cambios bruscos de temperatura del ambiente, llegando durante el día a registrarse temperaturas máximas de 18ºC y mínimas por la noche -5ºC siendo los meses de Junio a Julio los más fríos del año (Justiniano y Carrasco, 2001).

La Isla Paco consta de cuatro comunidades, las cuales son: Supicachi, Coyampaya, Paco y Suriki, ésta última cuenta con sitios arqueológicos de importancia desde el tiempo de los incas entre los que podemos mencionar: La silla del Inca, La calle del Inca, animales de piedra tallada, etc. (Quispe, 1999).

El mismo autor señala, que desde la antigüedad se practica la construcción de andenes o terrazas con el fin de habilitar suelos cultivables y para evitar la erosión. Actualmente en las pequeñas parcelas a orillas del lago se cultivan papa, quinua, maíz, oca, cebada, habas y algunas otras hortalizas, los cuales son destinados para el auto consumo.

Otra de las características importantes de Suriki, considerada cuna de los grandes constructores de las balsas de totora utilizando en su construcción técnicas tradicionales. Dichas balsas, son ejemplares de gran tamaño que han sido objeto de experiencias transoceánicas, como ser el RA II y el Tigris, también construyen botes a vela y lanchas de madera de diferentes tamaños. En Suriki también es posible apreciar diversos tejidos, artesanías y vestigios arqueológicos, por todo lo anterior es frecuentado por turistas nacionales y extranjeros (Quispe, 1999).

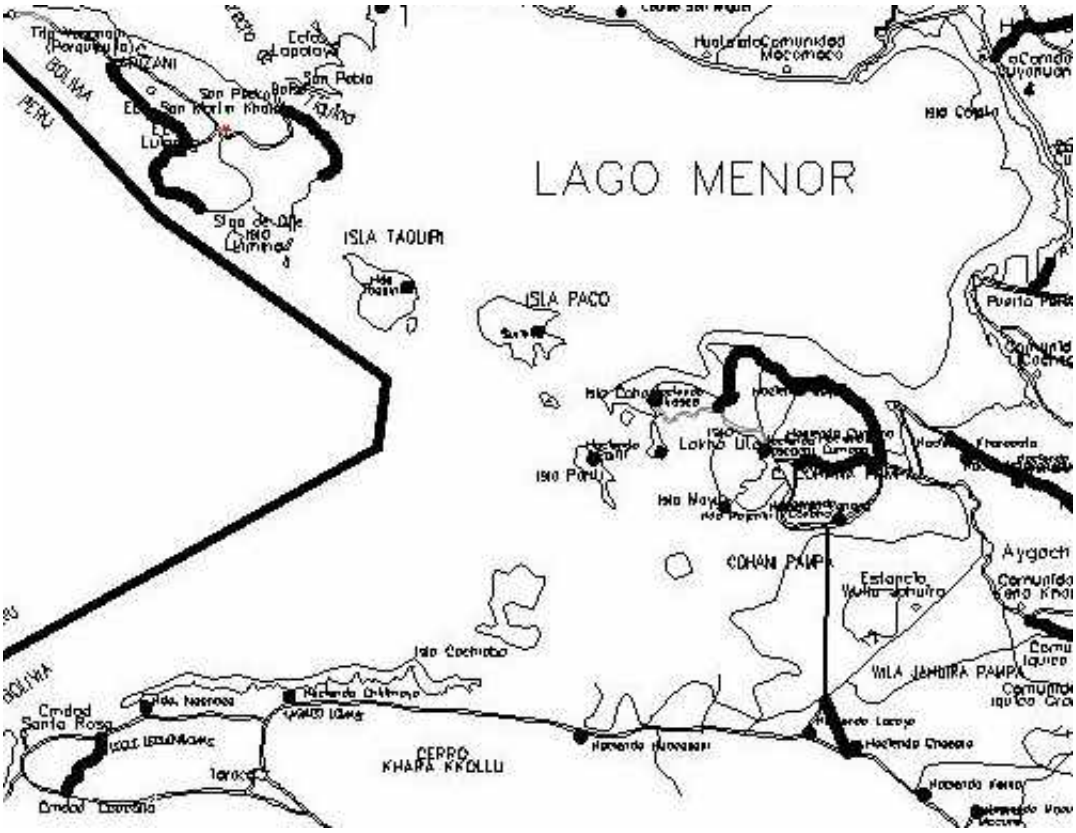


Figura 3. Mapa de ubicación de Suriki en la isla Paco

3.3 Materiales

3.3.1 Material biológico

En el presente trabajo de investigación se utilizaron en total 384 reproductores (96 machos y 288 hembras) en los seis ensayos de los cuales se obtuvo los productos sexuales como las ovas y el semen respectivamente.

3.3.2 Material para la construcción e instalación de artesas

- Adoberas
- Venesta doble
- Malla plástica milimetrada
- Bisagras
- Armellas
- Clavos
- Tachuelas
- Marcos
- Martillo
- Lija
- Brocha
- Pintura al aceite
- Tiras de goma
- Bidones
- Botellas de plástico desechables
- Cordeles
- Piedras
- Bote a remo

3.3.3 Material para fecundación

- Recipientes
- Toallas
- Plumas de ave
- Baldes
- Bañadores

3.3.3 Material de campo

- Lupa
- Cepillo de limpieza
- Pipetas
- Pinzas
- Tijera
- Termómetro
- Peachímetro
- Vernier
- Regla graduada
- Balanza

3.4 Metodología de la investigación

3.4.1 Reconocimiento del lugar

Se hizo el reconocimiento del lugar a través de visitas, entrevistas y la participación en la actividad pesquera (Figura 4), de esta forma tener un acercamiento y socialización con los pescadores de Suriki, además de verificar la presencia de la especie en inmediaciones de la Isla Paco (Figura 5), la existencia de los materiales en el lugar y determinar el sitio adecuado para la ubicación de la instalación de las incubadoras artesanales.

Figura 4. La actividad pesquera en Suriki

Figura 5. Captura del mauri con red agallera

3.4.2 Construcción de artesas

Las artesas, se adecuaron a las incubadoras que se utilizan en laboratorios de incubación, en sistemas de flujo horizontal las cuales son bandejas flotantes o de superficie, cuyo fondo es malla milimétrica de plástico (coladeras de forma circular) depositadas en estanques con corriente de agua constante, en ambientes protegidos (Ohashi *et al*. 1992).

Para la construcción de las artesas artesanales en el presente trabajo a las cuales se las denominó "artesas Victoria", se utilizaron materiales al alcance del pescador como remanentes de madera de las construcciones de botes y lanchas, además de clavos, tachuelas y material de carpintería. Las incubadoras fueron adecuadas a las condiciones *in-situ* es decir apropiadas al medio natural (Figura 6).

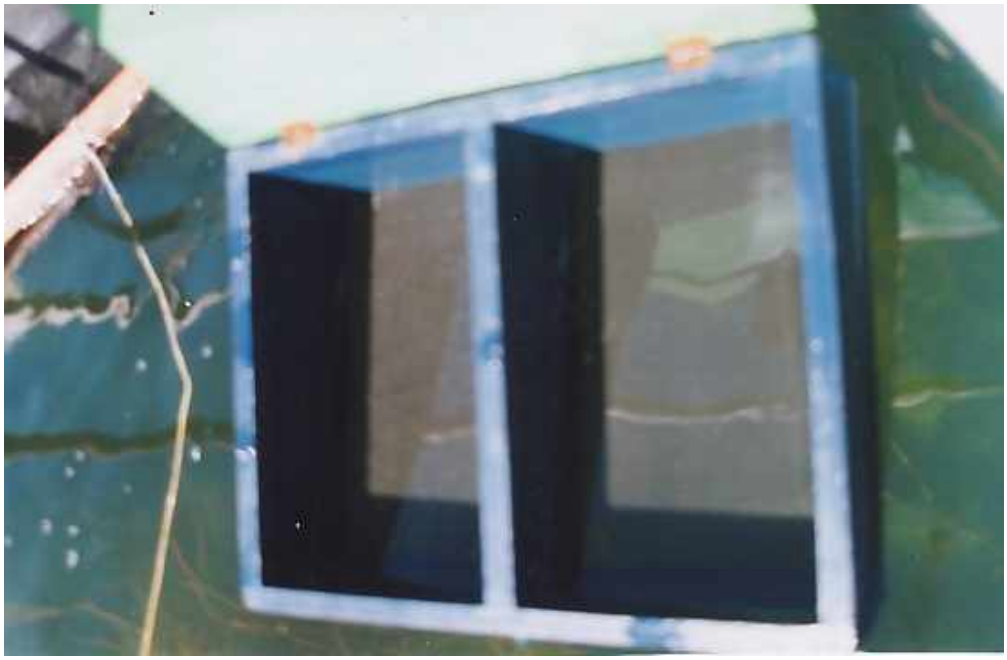


Figura 6. Artesa Victoria construida

Dichas artesas constaban de las siguientes partes que cumplen una función como se describen a continuación en la Figura 7.

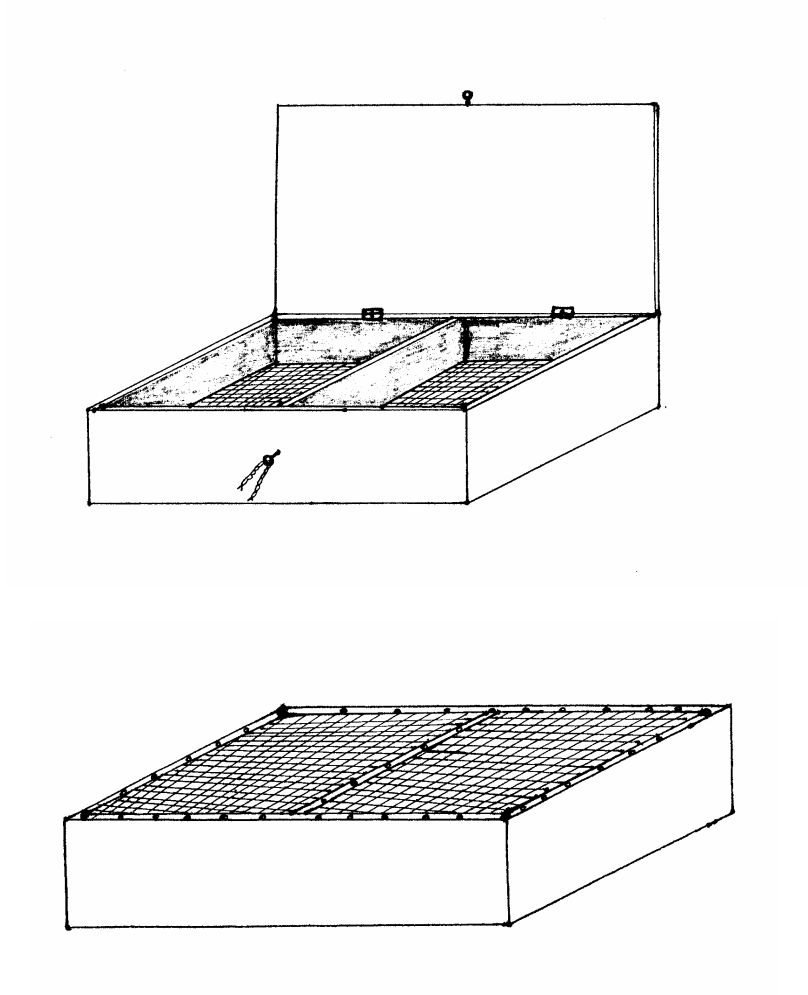


Figura 7. Las partes y dimensiones de una artesa

a) Estructura de madera. Como estructura se utilizó adoberas o similar para evitar el sumergimiento, el mismo debe flotar sobre la superficie del agua, de dimensiones 45 x 35 x 12 cm, la división central tiene el propósito de evitar que las ovas se agiten demasiado debido a los fuertes oleajes, causando la salida de las ovas fuera de la incubadora.

b) Base. Para la base de la estructura de madera se utilizó malla de plástico, con una abertura de 1.5 mm para evitar la salida de las ovas fuera de la artesa, además la malla permite el constante cambio de agua y la correspondiente oxigenación.

c) Tapa. Se utilizó venesta doble prensada como tapa, para mantener firme y seguro sobre la adobera y de esa forma evitar también la salida de las ovas. Por ende el propósito de la misma es para proporcionar suficiente sombra el cual es fundamental para las ovas embrionadas durante su desarrollo.

3.4.3 Ubicación experimental

Se procedió a la ubicación del experimento en la bahía de Suriki seleccionando el lugar adecuado para la instalación de las artesas, el mismo fue la región litoral, como se observa en la Figura 8, pues los reproductores buscan lugares poco profundos para desovar y fecundar. Por tanto la instalación se situó donde existen macrófitas como la totora, llachu y otros; y un constante oleaje para una buena oxigenación, además de una transparencia adecuada del agua.

Figura 8. Vista del lugar de la instalación

3.4.4 Instalación de flotadores y anclajes

Hasta el lugar del ensayo se hizo el ingresó en un bote a remo, con los materiales de instalación y los pasos a seguir son los siguientes:

- Inicialmente se hizo la medición de la profundidad con la ayuda de un cordel sujeta en un extremo una piedra, la cual se dejó caer en la profundidad del lago.

- Como flotadores principales, se unieron dos bidones a través de un cordel distanciados entre sí aproximadamente 12 m sobre la superficie del agua y cada cierta distancia se colocaron botellas desechables de refresco en el mismo cordel, con el propósito de mantener firme y amortiguar los movimientos causados por el oleaje y como anclaje se utilizaron piedras sujetas en los correspondientes flotadores (Figura 9).

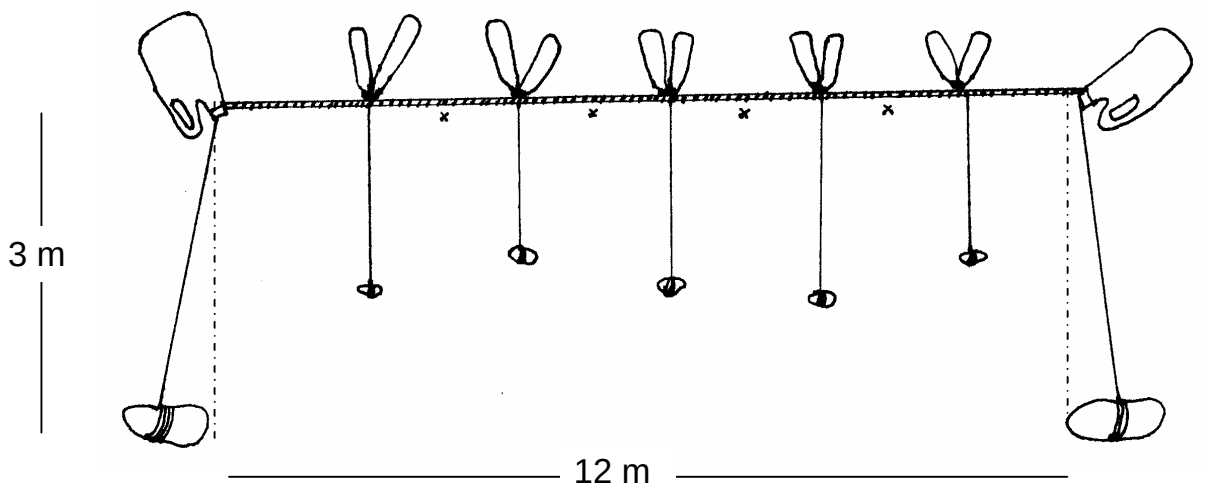


Figura 9. Vista lateral de la instalación de los flotadores y anclajes

- La instalación de los flotadores y anclajes se realizó un día antes de la incubación, las artesas correspondientes se colocaron para la incubación

el mismo día de la realización de la fecundación, entre flotador y flotador como se puede ver en la Figura 10.

Figura 10. Vista de la instalación de las artesas

3.4.5 Reproducción artificial e incubación artesanal

La reproducción artificial e incubación artesanal del mauri engloba varios pasos a seguir:

Paso 1. Obtención de reproductores

Para obtener reproductores de mauri, se hizo participe de la actividad pesquera junto a los pescadores tanto en la captura como en la extracción de los especimenes con la red agallera.

Fue importante programar la pesca en noches de plena oscuridad, en ausencia de luna llena, especialmente para el mauri, por ser una especie de naturaleza nocturna,

así mismo determinar el lugar de la pesca, sitios específicos por donde recorre el cardumen de mauri, siendo los alrededores de las islas Paco, Parity y Sicuya.

Además es importante conocer la dirección del viento y determinar el tiempo adecuado de tranquilidad de las aguas del lago, de lo contrario los fuertes oleajes no permiten el desplazamiento del bote.

Al día siguiente por la madrugada, se procedió al recojo de las redes agalleras, una vez terminado el recojo, se armó la vela del bote para luego emprender viaje hacia la orilla, en donde antes de la salida del sol se procedió a extraer de la red los peces con sumo cuidado, evitando lastimar las agallas y el abdomen durante el manipuleo.

Paso 2. Selección de reproductores y control de madurez

Del lote que se obtuvo, se hizo la selección de reproductores como se puede ver en la Figura 11, separando hembras y machos en distintos recipientes con agua. Dicha selección se hizo mediante el sexaje para de esa forma determinar la madurez sexual del pez.

Se seleccionaron ejemplares de mejores características fenotípicas, tallas mayores, de buen aspecto morfológico y mejor estado de salud entre otros.

Paso 3. Identificación de reproductores sexualmente maduros

Para la identificación del sexo de los reproductores y al mismo tiempo determinar la madurez de los productos sexuales, se realizó por el método manual como menciona Castañón *et al*. (1995) que consiste en provocar la salida de los productos sexuales

por el poro genital, a través de una presión suave en la cavidad abdominal, las ovas maduras son de color amarillo translúcido en hembras y líquido seminal color blanco lechoso en machos, en ambos la salida de los productos sexuales respectivamente es por el poro genital a una leve presión, de lo contrario los productos sexuales no estarían maduros y por lo tanto no es apto para la fecundación.

Figura 11.Reproductores de mauri

Paso 4. Transporte y mantenimiento de reproductores

Los recipientes que contienen a los reproductores fueron cubiertos con plantas acuáticas, las cuales proveen sombra protegiendo de los rayos solares, se transportaron de inmediato hasta un ambiente bajo sombra para evitar su muerte y en última instancia se utilizaron especimenes sin vida buscando evitar desperdiciar tanto las ovas como el semen.

Una vez que se llegó al punto de destino, se añadió agua fresca gradualmente para evitar el choque térmico en los peces hasta homogeneizar con el agua del transporte, con el fin de recuperar el vigor, aunque el mauri es resistente a la manipulación por tanto no presentó dificultades.

Paso 5. Fecundación artificial por el método seco

Para la fecundación se utilizó la relación de 1:3, que corresponde tres hembras por cada macho.

a) Obtención de ovas. La extracción de los óvulos maduros de las hembras fue mediante el proceso del desove, el mismo se realizó por el método manual para ello previamente se hizo el secado de los especimenes con una toalla o paño y aplicando una presión suave en el vientre con los dedos pulgar e índice hacia el poro genital, se recepcionaron las ovas en un recipiente completamente limpio y seco como se denota en la Figura 12.

Se evitó por un lado impurezas como sangre, orina y heces; y por otra el contacto de la ova con el agua, de darse esta situación causaría el cierre prematuro del micrópilo, orificio por donde penetra el espermatozoide para fecundar el óvulo, aspecto que podrían dificultar la fecundación.

Figura 12. Obtención de las ovas

b) Obtención del semen. Previamente a los reproductores machos se hizo el correspondiente secado con toalla, para luego de inmediato presionar a través de un leve masaje en la región genital haciendo expulsar el líquido seminal por el poro genital (Figura 13), esta lecha espermática de inmediato y directamente se roció sobre las ovas anteriormente extraídas.

Figura 13. Extracción del semen

Una vez listos los productos sexuales se realizó la fecundación por el "método seco" mezclando homogéneamente las ovas con el semen libre de agua utilizando una pluma de ave (Figura 14), se dejó reposando por un lapso de 3 a 5 minutos. Posteriormente se agregó agua limpia del mismo lago poco a poco hasta cubrir por completo las ovas, al ponerse en contacto con el agua se activan los núcleos que empiezan con movimientos para llegar a unirse, es decir que se produce la fecundación propiamente dicha, dando origen al huevo o cigoto, no debe utilizarse agua potable por contener cloro, sales y otras sustancias las cuales pueden causar la muerte inmediata de las ovas.

Figura 14. Mezcla de los productos sexuales (ovas y semen)

Paso 6. Lavado de las ovas embrionadas

El lavado se realizó con abundante agua hasta dejar completamente limpio, libre de restos de semen, sangre y ovas no fecundadas, éstas se reconocen porque presentan una coloración blanquecina y opaca, en cambio las ovas fecundadas son

turgentes, translúcidas y rodantes de un tamaño casi uniforme, presentan un anillo concéntrico en la parte central.

Paso 7. Incubación

Una vez lista las ovas fecundadas o embrionadas se trasladó en envases con tapa bajo sombra hasta el lugar de la instalación, para la incubación se colocaron previamente las artesas entre flotador y flotador (Anexo 1) y en ellas se colocaron las ovas embrionadas (Figura 15) con sumo cuidado, evitando sobre posiciones, además de asegurar la tapa de las artesas.

Figura 15. Deposito de ovas embrionadas en las artesas

3.5 Variables de estudio

3.5.1 Porcentaje de fecundación

El porcentaje de fecundación se determinó de acuerdo a la siguiente relación:

$$\%F = \frac{Nº\ OF}{Nº\ TOPF} * 100$$

Donde:

%F = porcentaje de fecundación

Nº OF = número de ovas fecundadas

Nº TOPF = número total de ovas puestas a fecundar

3.5.2 Porcentaje de eclosión

El porcentaje de eclosión fue determinado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\%E = \frac{Nº\ O\ Ec}{Nº\ TOPI} * 100$$

Donde:

%F = porcentaje de eclosión

Nº O Ec = número de ovas eclosionadas

Nº TOPI = número total de ovas puestas a incubar

3.5.3 Tiempo de incubación

Para ello se procedió a contabilizar el tiempo de incubación de acuerdo a los días, observando minuciosamente los cambios existentes durante la incubación.

3.5.4 Porcentaje de mortalidad

El porcentaje de mortalidad se determinó de acuerdo a la siguiente relación:

$$\%M = \frac{Nº_{O\text{-}L}M}{Nº\ TOPI} * 100$$

Donde:

%M = porcentaje de mortalidad

$Nº_{O\text{-}L}$ M = número de ovas y/o larvas muertas

Nº TOPI = número total de ovas puestas a incubar

3.5.5 Problemas ictiosanitarios

Para los problemas ictiosanitarios, se observó minuciosamente la presencia de alguna anormalidad o enfermedad causada por algún organismo durante la incubación.

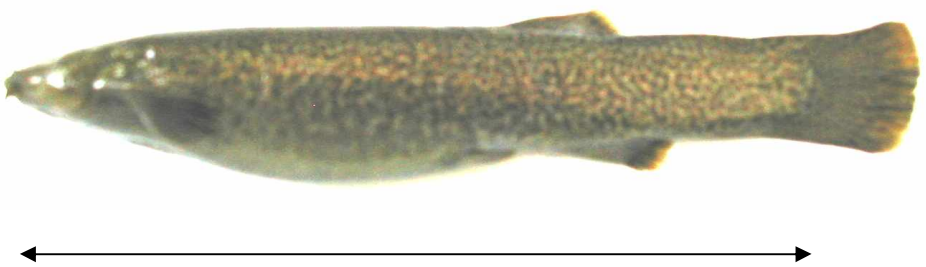
3.5.6 Características generales de los reproductores

- Sex-ratio

El sex-ratio expresado en porcentaje, es la relación de machos presentes en una determinada población de mauri, se realizó por conteo en poblaciones al azar semanalmente durante el tiempo de la duración del ensayo.

- Longitud estándar de los reproductores

Para determinar la talla de los reproductores, la medida ictiométrica que se tomó en cuenta fue la Longitud estándar en cm como se denota en la Figura 16.



L S

Figura 16. Medida de longitud estandar de reproductores

3.5.7 Características generales de reproductores

- - Número de ovas por reproductor hembra

Para determinar el número promedio de ovas por reproductor hembra se cuantificó por conteo directo y por el método por área, que consiste en realizar el conteo del número de ovas que ocupa una determinada superficie del papel milimetrado.

-
-
-
-
- - Peso y diámetro de las ovas

Para determinar el diámetro promedio de las ovas se utilizó vernier y para el peso promedio se pesó 1000 ovas y dividir entre el correspondiente número, de esa forma se obtuvo el peso promedio de la ova.

3.5.8 Parámetros físico químicos del agua

Para el presente trabajo de investigación se tomaron datos en el lugar de la instalación Temperatura, el pH y el contenido de oxígeno disuelto.

3.5.9 Costos de producción

Para determinar los costos de producción de alevines de mauri, se realizó cálculos respectivos de acuerdo a los costos de los insumos utilizados en el presente trabajo de investigación.

3.6 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos durante el ensayo fueron determinados mediante la cuantificación en porcentajes, estadísticos descriptivos y distribución de frecuencias.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Porcentaje de fecundación

Obtener un alto porcentaje de fecundación, depende en primera instancia de contar con la adecuada proporción de machos y hembras, óptimos productos sexuales, el tiempo oportuno de mezclar tanto las ovas y el semen (fecundación propiamente dicha) y la limpieza de los materiales utilizados durante la fecundación.

Figura 17. Ovas fecundadas

El Cuadro 3, muestra que el porcentaje promedio de fecundación es de 98 %, un mínimo de 96% y un máximo de 99 %.

Cuadro 3 . Porcentaje de fecundación

Descriptivos	% de fecundación
Máximo	99
Mínimo	96
Promedio	98

Al respecto Espinoza (1999), señala que el porcentaje de fecundación artificial que obtuvo por el método seco en condiciones controladas fue de 80 %. Siendo un porcentaje de 98 % la que se alcanzó en el presente trabajo, esta diferencia puede deberse, más que todo por la época coincidente en cuanto a la reproducción natural del mauri.

Así mismo Limachi (2002), indica que es muy importante determinar y tomar en cuenta la época de la reproducción natural del mauri, para tener a disposición los

productos sexuales (ovas y semen) maduros y de esta forma obtener un alto porcentaje de fecundación y por ende una sobre vivencia hasta alcanzar el alevinaje.

4.2 Porcentaje de eclosión

Para determinar el porcentaje de eclosión se tomó en cuenta la cantidad de avivamientos que hubo en esta etapa.

Cuadro 6. Porcentaje de eclosión

Descriptivos	% de eclosión
Máximo	99.5
Mínimo	95.8
Promedio	97.5

Por tanto el porcentaje promedio de eclosión determinado como se observa en el Cuadro 6 es de 97.5 %.

La eclosión fue gradual, el periodo tuvo una duración de 1 a 3 días, dependiendo de la temperatura del agua, por tanto se dice que es inversamente proporcional.

Figura18. Larva con su saco vitelino

La reabsorción del saco vitelino en la población de larvas tuvo un periodo de duración de 5 a 7 días de la misma forma depende de la temperatura del agua en esta etapa no hace falta suministrar alimento a las larvas, el saco vitelino contiene lo necesario por tanto su alimentación es endógena.

4.3 Tiempo de incubación

Los periodos de incubación varían en función de la temperatura del agua a mayor temperatura menor periodo de incubación y el periodo de incubación fue determinada por días, de acuerdo a las fases, al respecto Aparicio (1993), indica que la duración de la incubación es inversamente proporcional a la temperatura media del agua.

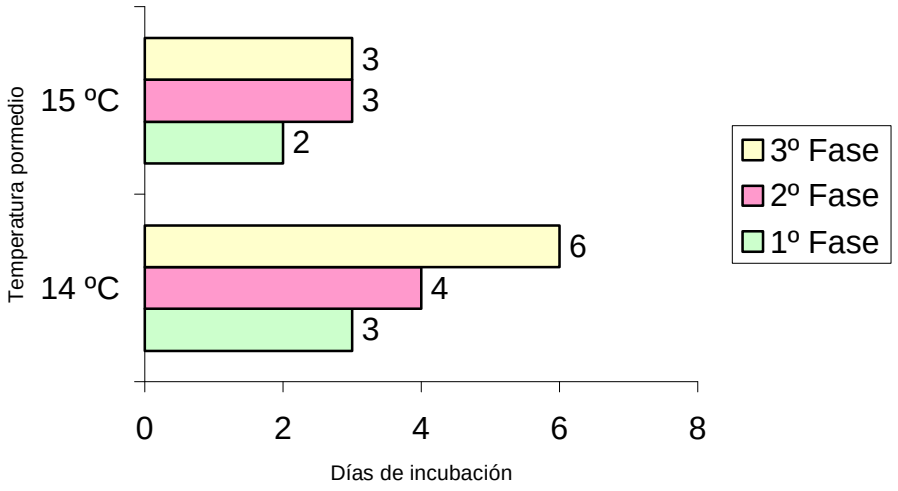


Figura 19. Tiempo de incubación en días

El tiempo de incubación, en la Figura 19 se denota claramente que a una temperatura promedio de 14 ºC el tiempo de incubación es de 13 días, en la primera

fase 3 días en la segunda fase 4 días y en la tercera fase 6 días; y a una temperatura de 15 ºC el tiempo de incubación es de 8 días, en la primera fase 2 días, en la segunda fase 3 días al igual que en la tercera fase.

4.3.1Unidades térmicas acumuladas

Las unidades térmicas acumuladas se denominan también temperatura acumulada o simplemente U.T.A.

La temperatura permite determinar las unidades térmicas acumuladas (UTA), para precisar tantos días cuantos fueron necesarios hasta acumular los grados de temperatura, sobre el punto Pérez (1982), sostiene que los grados día expresan los días que se necesitan para que incuben los huevecillos a 1 ºC, aunque es influido por diversos factores individuales y genotípicos, el determinante es la temperatura del agua que nos da una idea aproximada del tiempo de incubación.

En el Cuadro 5, se denota las unidades térmicas acumuladas de acuerdo al tiempo requerido en días y de acuerdo a la temperatura promedio, así la mayor UTA es de 182 para una temperatura de 14 ºC y un tiempo de incubación de 13 días y la menor UTA fue de 120 grados día a una temperatura de 15 ºC y 8 días.

Cuadro 5. Unidades térmicas acumuladas durante la incubación

Repetición	Días	Temperatura ºC	UTA grados día
R1	13	14	182.0
R2	11	14.3	157.3
R3	10	14.1	149.0
R4	9	14.9	134.1
R5	8	15.2	121.6
R6	8	15.0	120.0

Respecto al anterior Aparicio (1993), sostiene que luego de determinar los grados día de las UTAs, a una temperatura de 14 ºC el tiempo de incubación fue de 12.83 días y a 15 ºC es de 7.67 días, dichos resultados son similares a los hallados en el presente ensayo.

4.3.2 Fases de la incubación

Al igual que otros peces, en el caso del mauri también se identificaron las fases durante la incubación:

1ª Fase. Desde la fecundación hasta la aparición de los ojos del embrión denominado oculación, tuvo un periodo de 2 a 3 días.

2ª Fase. En esta fase se determinó un periodo de duración de 3 a 4 días y comprende desde la aparición de los ojos hasta la eclosión o nacimiento del alevín o larva (Figura 20 y 21).

3ª Fase. Esta fase es desde la eclosión hasta la reabsorción del saco vitelino, tuvo una duración de 3 a 6 días (Figura 22)

Figura 20. Ovas recién eclosionadas

Figura 21. Alevines o larvas con saco vitelino

Figura 22. Alevinos de mauri

4.4 Porcentaje de mortalidad

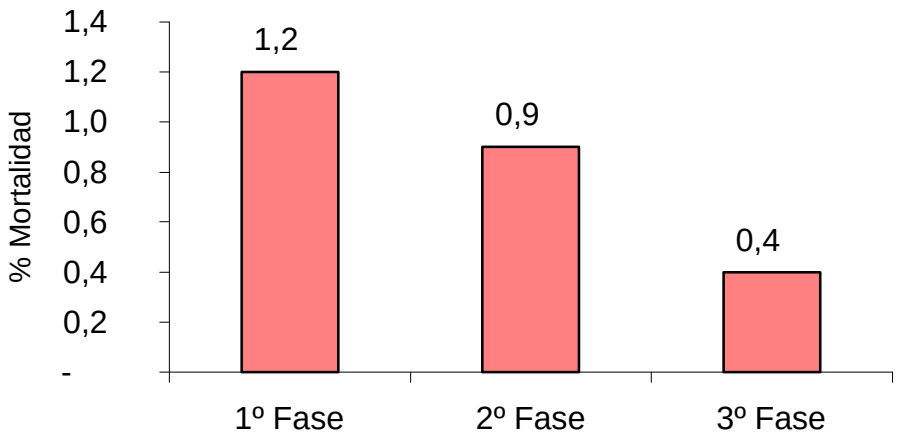


Figura 23. Porcentaje promedio por fases

El porcentaje de mortalidad alcanzó un promedio de 2.5 % durante la incubación, es notable la diferencia de una fase a otra en forma descendente en la Figura 23, se observa que en la primera fase es 1.2 % y en la segunda fase 0.9 %, siendo superiores por mantenerse estática y sin movimiento, por lo tanto es susceptible a la adherencia de hongos, partículas en suspensión y restos de materia orgánica en proceso de descomposición y en la tercera fase alcanzó a 0.4 % por tanto el porcentaje de mortalidad es menor en ésta última fase que en las anteriores debido al constante movimiento que realizan las larvas una vez eclosionadas

Las causas principales para la mortalidad fueron las siguientes:

- La exposición a los rayos solares, durante la inspección que se realizó en las artesas.

- La presencia de partículas en suspensión y algas, las cuales no fueron retiradas a tiempo causando la muerte por asfixia.

Figura 24. Porcentaje de mortalidad por repetición

En la Figura 24, se observa que en la R1 y R2 el porcentaje de mortalidad es de 3.6 y 2.9% respectivamente, siendo mayores debido a las primeras lluvias que ocasionan turbidez en las aguas de la bahía; las partículas en suspensión se posaron sobre las ovas puestas en las respectivas artesas causando asfixia; y en las siguientes repeticiones R3, R4, R5 y R6 los porcentajes promedio de mortalidad son menores de 1.5 % y 2 % respectivamente, por estabilizarse la época de lluvias.

Limachi (2002) sostiene que los arrastres de sedimento y partículas en suspensión (tierra) por las primeras lluvias fuertes e intensas, ocasionan la muerte de seres bióticos entre ellos peces adultos, ranas y otros que se encuentran en las orillas del lago, debido a que las aguas turbias obstruyen la respiración adecuada de las mismas. Por tanto con mayor razón es aún más peligroso para las ovas en incubación.

4.5 Problemas ictiosanitarios

4.5.1 Presencia de fungosis

Durante la incubación se presentó fungosis, el agente causal fue el micófito acuático denominado *saprolegnia sp*, el cual atacó a las ovas y larvas muertas, siendo éstas

un foco de contaminación como se puede apreciar en la Figura 25, éste micófito se prenden cuando se encuentran agrupadas y las mismas mueren por asfixia, su mecanismo de ataque es rodear completamente a las ovas y larvas a manera de un capullo de algodón, de inmediato fueron retiradas con la ayuda de pinzas y pipetas para evitar la proliferación.

Figura 25. Ataque de Saprolegnia sp en ovas puestas a incubar

4.5.2 Cuidados y limpieza durante la incubación

Para contrarrestar la presencia de *saprolegnia sp* y evitar la masiva proliferación y ataque, se realizó la constante limpieza tanto fuera como dentro de las artesas. Por dentro retirando las ovas y larvas muertas con la ayuda de una pipeta o pinza; y por fuera la limpieza con cepillo.

CIDAB (2002), indica que para contrarrestar el ataque de hongos en el sistema de incubación horizontal bajo condiciones de laboratorio, se somete a las ovas embrionadas a un tratamiento sanitario con verde de malaquita 3ppm por 30 minutos

cada 4 días. Dicho tratamiento no fue necesario realizarlo en el presente ensayo por el tipo de incubación *in-situ,* evitando así llegar a contaminar las aguas de lago de forma directa, además no es indispensable por la baja presencia de fungosis registrada.

4.6 Características generales de reproductores

4.6.1 Sex-ratio

El sex-ratio se obtuvo contabilizando muestras capturadas al azar tanto reproductores y no reproductores de mauri de una población total, cuantificando el número de hembras y machos presentes en una determinada población, obteniéndose lo siguientes resultados mostrados en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Sex - ratio mensual

Mes	Nº machos	Nº Hembras	% machos	% hembras	Sex ratio
Septiembre	48	111	30.33	69.67	1:2.3
Octubre	47	132	26.32	73.68	1:2.8
Noviembre	108	317	25.25	74.75	1:2.9
Total	203	560	26.61	73.38	**1:2.75**

Por tanto la relación general obtenida es de 1:2.75, es decir 1 macho por cada 2.75 hembras, así mismo se puede observar que no hubo diferencias marcadas entre los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Aparicio (1993), obtuvo una relación 2:1 es decir 2 machos por cada hembra y contrariamente Espinoza (1999), reportó una relación 1:2 lo que significa 1 macho por cada 2 hembras.

Dichas diferencias pueden deberse a los cambios climáticos en los últimos años, distintas épocas de captura y diferentes lugares de pesca (habitad, distribución horizontal y vertical en el lago), al respecto Castañón *et al*. (1995), menciona que el sex-ratio cuya dinámica esta regida por factores intrínsecos (genéticos y fisiológicos) y por factores extrínsecos (ecológicos).

4.6.2 Longitud estandar de los reproductores

Para los reproductores tanto machos y hembras se determinó la longitud estandar (LS), estimando parámetros estadísticos.

Cuadro 7. Estadísticos descriptivos de los reproductores

Parámetros	LS machos (cm)	LS hembras (cm)
Promedio	13.5	13.9
Desvio estandar	1.1	1.3
Valor máximo	15.51	17.8
Valor mínimo	11.5	11.0
Numero	153	450

En el Cuadro 7, en cuanto a la longitud estandar de los reproductores machos se obtuvo un promedio de 13.5 cm, un máximo de 15.5 cm y un mínimo de 11.5 cm, con un desvío estandar de 1.11. En el caso de las hembras la media es de 13.9, un máximo de 17.8 y un mínimo de 11cm, con desvío estandar de 1.31.

Con relación a la longitud estandar (LS) en la presente investigación, se denota que las hembras alcanzaron tallas mayores que los machos, con relación a dicho parámetro Quispe (2000), encontró durante la investigación que realizó referente a

LS entre 9.4 a 16.5 cm para machos y 9.4 a 13.8 cm para hembras. Así mismo en cuanto a talla de longitud estandar CIDAB (2002), reportó entre machos y hembras de 10.6 a 12.6 cm.

Sobre lo anterior Castañón *et al*. (2002) sostiene que la especie de mauri no se puede diferenciar a las hembras de los machos mediante el tamaño como ocurre en el género *Orestias* donde la hembra es de mayor longitud que el macho, siempre y cuando se encuentre en estado adulto.

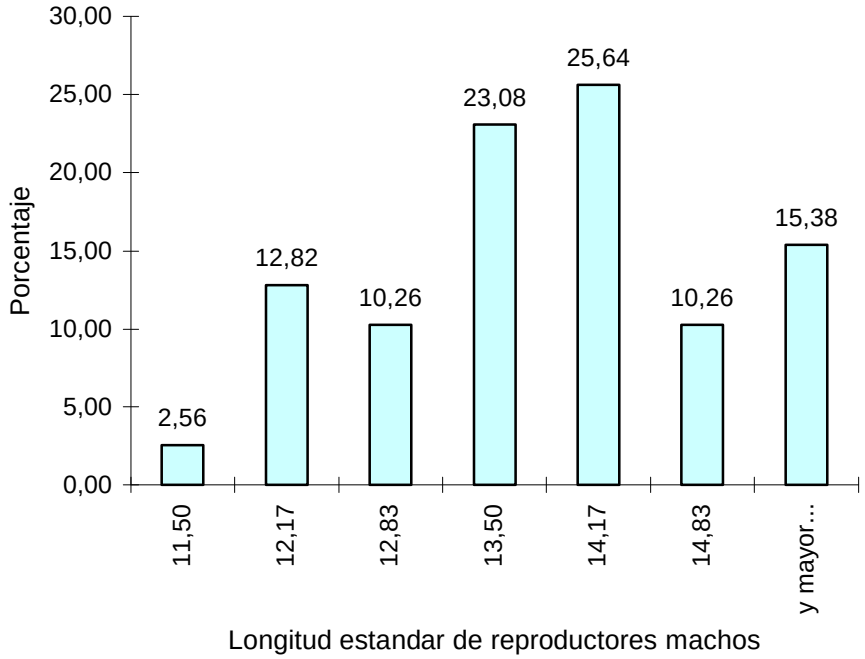


Figura 26. Histograma Longitud Estandar de machos

En la Figura 26, se observa que la mayor frecuencia respecto a la longitud estandar (LS) se encuentra en un 25.64% con una talla de 14.17 cm, seguido por 23.08% con una talla que alcanza 13.5 cm y en un porcentaje mínimo de 2.56% con una longitud de 11.5 cm.

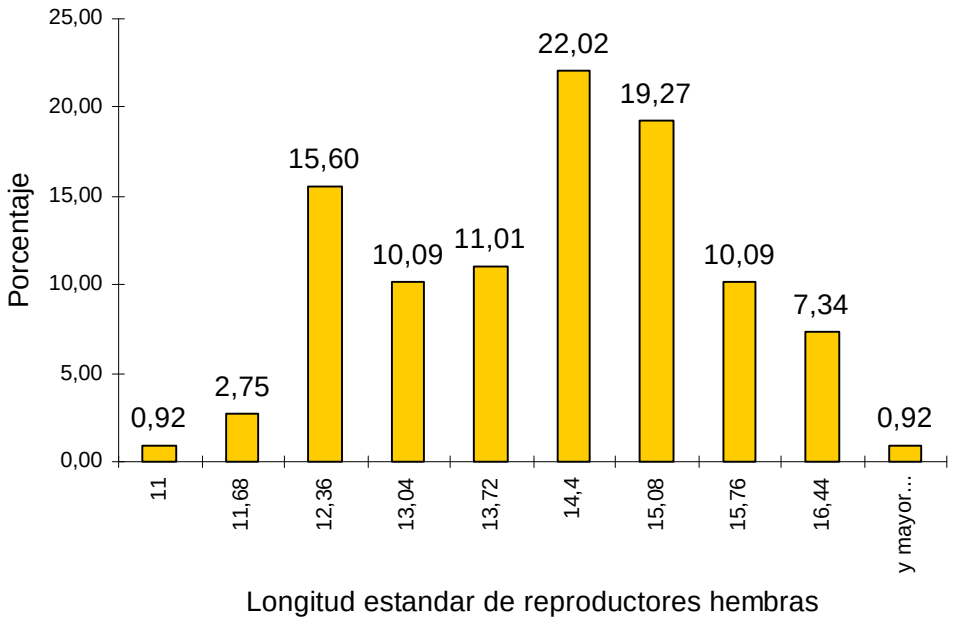


Figura 27. Histograma longitud estandar de hembras

De la misma forma en la Figura 27 se aprecia, que la longitud estandar (LS) en las hembras alcanzaron en un 22% y 19.3% con longitudes de 14.4 y 15.08 cm respectivamente y en porcentajes mí nimos de 0.92% de frecuencia con longitudes de 11 cm y entre 16.4 a 17.8 cm.

4.7 Características de los productos sexuales

Para obtener resultados favorables en cuanto a la reproducción de mauri fue muy importante contar con productos sexuales óptimos teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Las ovas de las hembras. Las ovas de las hembras sexualmente maduras presentaron turgencia, siendo de tamaño uniforme, con una coloración parda amarillenta de aspecto cristalino brilloso, al ser presionado el abdomen de la hembra sale con facilidad por el poro genital sin ninguna dificultad, en cambio las ovas prematuras denotaron la presencia de diferentes tamaños, coloración opaca siendo

difícil la salida por el poro genital, también se encontraron ovas sobre maduras las cuales se pueden denominar (ovas pasadas), si bien presentaron tamaño uniforme, pero no turgentes, de coloración opaca y sin brillo, el cual puede deberse a que las hembras no encontraron un lugar adecuado para ovipositar y otros factores.

Al respecto Limachi (2002), sostiene la existencia de ovas sobre maduras en el vientre de las hembras que no ovipositaron por alguna causa, presentan coloración opaca, no son sueltas si no más bien se encuentran agrupadas, son flácidas es decir menos turgentes. Así mismo las ovas inmaduras son de diferentes diámetros, coloración opaca y es dificultosa la salida por el oviducto al momento de ser presionados causando una lesión al espécimen.

b) El semen en los machos. Fue muy importante considerar que el semen presenta características a simple vista como la coloración blanco lechoso, a una leve presión expulsó fácilmente, en cambio cuando el macho no es sexualmente maduro, la expulsión es dificultosa y el líquido seminal presentó manchas sanguinolentas.

4.7.1 Número de ovas por reproductor hembra

El número de ovas por reproductor hembra se cuantificó como promedio 2075 ovas, con un máximo de 3500 ovas y un mínimo de 650 ovas. Esta diferencia se debe a que la hembra durante la pesca efectuada y por la manipulación son objeto a una leve presión en el abdomen, por tanto fueron expulsando y perdiendo ovas maduras, en particular durante la extracción de las redes agalleras.

En la Figura 28 se observa que la frecuencia en un 16.5% oscila alrededor de 2075 ovas, seguida en un 14.68 % por 1220 ovas y en menores porcentajes como 0.92% con 650 ovas y 1.83% con mayores a 3215 ovas a 3500 aproximadamente.

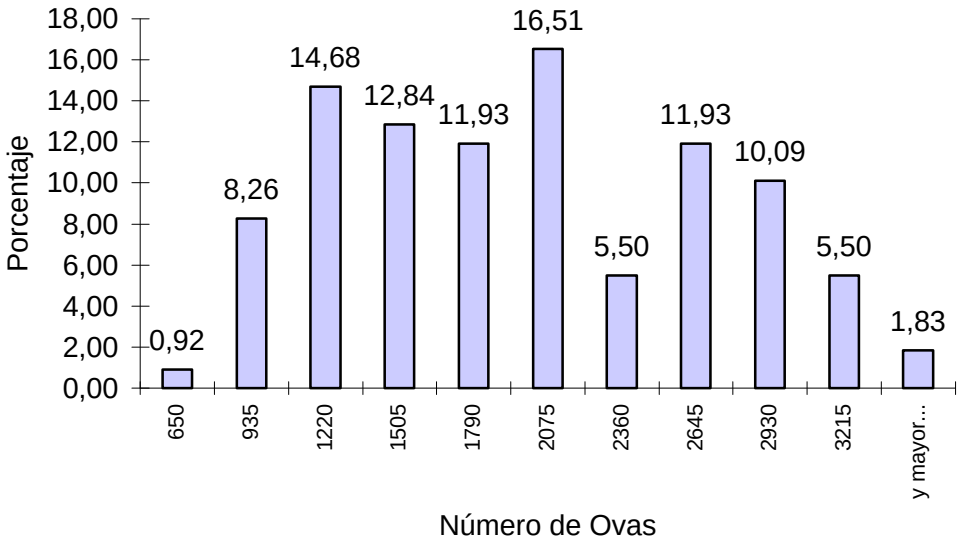


Figura 28. Histograma de número de ovas

4.7.2 Peso y diámetro de las ovas maduras

El diámetro promedio de las ovas fueron de 1.9 mm, con un peso de 0.0027 g en promedio, como se muestra en el Cuadro 8, las ovas son de tamaño similar y uniforme cuando se encuentran plenamente maduros, de lo contrario significa que no alcanzaron la madurez suficiente.

Cuadro 8. Características de las ovas maduras

Detalle	Promedio	Máximo	Mínimo
Diámetro de la ova (mm)	1.9	2.02	1.8
Peso de la ova (g)	0.0027	0.0030	0.0021

CIDAB (2002), obtuvieron un diámetro de 1.85 mm y un peso de ova de 0.0031 g, con referencia al diámetro de ova es similar a lo obtenido en el presente ensayo.

4.8 Parámetros físico-químicos del agua

4.8.1 Temperatura

La medición de la temperatura se realizó diariamente tres veces por día tomando en cuenta las horas pico más representativos (6:00, 15:00 y 21:00 horas) durante los meses se septiembre, octubre y noviembre época primaveral y de reproducción de la especie en estudio.

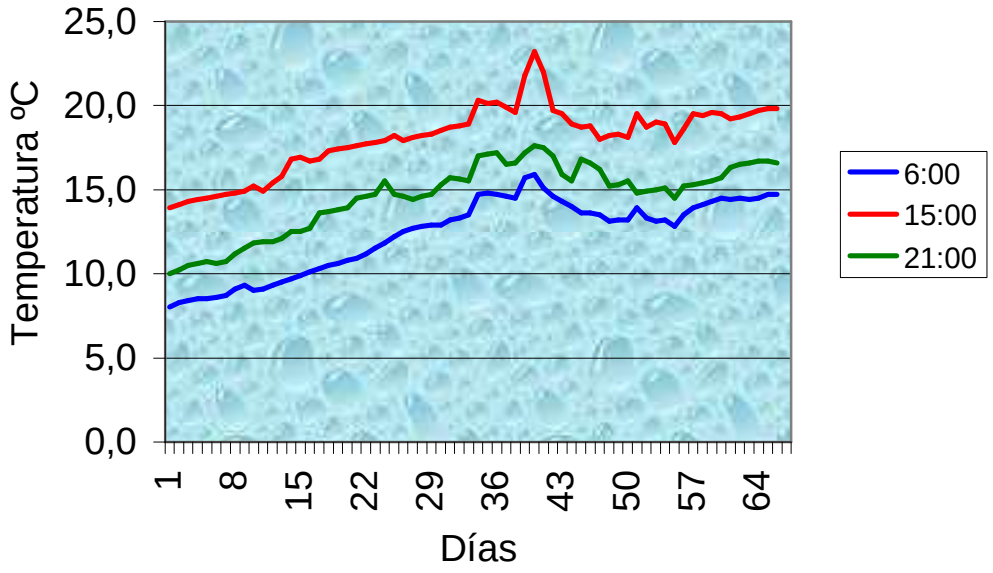


Figura 29. Temperatura diaria a diferentes horas del día

La temperatura promedio registrada fue de 15 ºC, durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, en la Figura 29 se observa el comportamiento de las temperaturas a diferentes horas del día. A horas 6:00 de la mañana se encontraron temperaturas entre 8 y 15.9 ºC, siendo mínimas respecto a las otras, por la tarde a horas 15:00 alcanzó temperaturas entre 13.9 y 22.5 ºC siendo las máximas alcanzadas durante el día, mientras por la noche a horas 21:00 las temperaturas fueron intermedias entre la mañana y la tarde registrandose temperaturas entre 10 y 17.6 ºC durante el tiempo del ensayo.

El comportamiento respecto a los meses, fue en ascenso, alcanzando mayores temperaturas entre los meses de octubre y noviembre. Se pudo percibir que las aguas del lago retienen calor la cual se reflejan en la medición de la temperatura y los cambios si bien existen son graduales.

Justiniano y Carrasco (2001) al respecto indican que el lago Titicaca tiene la capacidad de absorción de la radiación solar, determinando que el agua llega a tener una temperatura que oscila entre 10 y 14 ºC favoreciendo una mayor evaporación y convección en el centro, que en las zonas periféricas, donde la temperatura es de 8 ºC.

Así mismo CIDAB (2002) señala que al lago Titicaca se la considera termorregulador ya que no presentan temperaturas extremadamente frías o elevadas, donde el promedio es de 9 ºC, entre una media máxima de 15 ºC, similar al encontrado en el presente trabajo y una mínima de 3 ºC.

4.8.2 Oxígeno disuelto

Se determinó que el oxígeno disuelto (DO) de las aguas de la bahía de Suriki es de 7.5 mg/l, sobre el particular, Espinoza (1999) indica que el oxígeno disuelto en el Lago Menor registrado es de 6.5 a 7.6 mg/l, por tanto el valor en el presente ensayo se encuentra dentro de este rango.

Es de vital importancia el oxígeno disuelto en el agua para la incubación de las ovas embrionadas de mauri, aún más por ser la incubación *in - situ* , sobre el punto CEEDI (1990), indica que las concentraciones de oxígeno, necesarias se hallan en el rango de 5 a 7.5 mg/l, además se pudo ver que cuanto más elevada es la temperatura menos concentración de oxígeno, porque durante la evaporación del agua existe

perdida de oxígeno, mientras con el frío debido a los vientos que causan fuertes oleajes la temperatura tiende a bajar y contrariamente aumenta la concentración del oxígeno en el agua.

En la primera fase de desarrollo embrionario el consumo de oxígeno es mínimo, pero es importante para evitar la propagación de microorganismos que se pueden apostar sobre las ovas provocando la asfixia y por ende la muerte. En la segunda fase requiere un poco más de oxígeno que en la primera y en la tercera fase necesita más oxígeno debido a los constantes movimientos que realizan las larvas.

Al respecto Imaki (1987), señala que si la oxigenación es baja ocasiona un mal desarrollo durante la incubación con aparición de alevines deformes en elevadas tasas, necesita una buena oxigenación, así mismo no debe cortarse en ningún momento el agua en las incubadoras porque las ovas también están consumiendo el oxígeno, y al cortarla aunque por un corto tiempo se morirán por asfixia.

4.8.3 Potencial de ión hidrógeno pH

El pH del agua, que se registró durante la investigación alcanzó un promedio de 7.87, el mismo se encuentra dentro de los límites permisibles, de acuerdo al CEEDI (1990), quienes sostienen que los límites permisibles de pH para los peces en el lago Titicaca se encuentran entre 5 a 9, siendo optimo entre 6.5 a 8.

Respecto al punto anterior, La Secretaría de Pesca (1986), señala que la mejor agua piscícola es la que tiene una reacción neutra, ligeramente ácida o ligeramente alcalina, es decir la que tiene un valor entre 6.5 a 8.5, los límites superiores o inferiores pueden ser peligrosos para los peces de acuerdo a la especie siendo mortales.

4.9 Costos de producción

Para el presente estudio, se realizó los costos de acuerdo a los insumos utilizados durante el ensayo, la unidad de artesa tuvo un costo de 93 Bs y las 8 artesas llegó a costar 774 Bs. El costo total incluyendo el material biológico, la instalación, y los insumos adicionales, fue de 1136.5 Bs como se observa en el Cuadro 9, con lo cual se obtuvo 93600 alevines aproximadamente en un ensayo de los seis realizados, lo que significa que el costo para producir un alevin fue de 0.012 ctv de Bs.

Cuadro 9. Costo de producción de alevines de mauri

Descripción	Total (Bs)
Incubadora artesa	774.0
Instalación	21.2
Transporte	100.0
Material de recolección	62.0
Material de fecundación	28.5
Reproductores	12.8
Otros materiales	63.0
Mano de obra	75.0
Total	**1136.50**

Es importante señalar que dicho costo se realizó para determinar cuanto uno puede invertir, es importante tener en cuenta que los materiales e insumos utilizados en el presente ensayo se encuentra al alcance del pescador, él cual puede acceder a los materiales y reducir los costos.

Hacer notar también que para reducir los costos esta en función de la densidad de ovas que se puede poner a incubar, pues la capacidad de la artesa es para 15000 a 20000 ovas y que para el presente ensayo se utilizó por artesa 12000 ovas embrionadas y 8 reproductores (2 machos y 6 hembras).

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos trazados en el presente trabajo y respecto a los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Respecto al diseño de las "artesas Victoria", no presentaron mayores dificultades, adecuándose a la instalación y a las condiciones *in-situ* del lago, además de que los materiales para su fabricación se encuentran al alcance del pescador.

2. La reproducción artificial por el método seco y la incubación *in-situ* en las artesas es viable, pudiéndose replicar en otras regiones del lago, con el fin de repoblamiento.

3. El porcentaje de fecundación alcanzó un promedio de 98%, el porcentaje promedio de eclosión fue de 97.5 %, el tiempo de incubación fue de 8 y 13 días dependiendo de la temperatura, las unidades térmicas acumuladas UTA fue entre 182 y 120 grados día a una temperatura de 14 y 15ºC respectivamente.

4. El porcentaje de mortalidad registrado durante la incubación fue de 2.5%, debiéndose el mismo principalmente al ataque del micófito (Saprolegnia sp).

5. En lo referente a las características de los reproductores, el sex ratio encontrado fue 1:2.75, la talla ictiométrica longitud estandar promedio fue de 13.5 cm en machos y 13.9 cm en hembras, el número promedio por reproductor hembra fue de 2075, el peso promedio de ova fue de 1.9 mm y con un diámetro de 0.0027 g, el semen presentó una coloración de blanco lechoso a simple vista.

6. Los parámetros físico-químicos registrados durante la investigación fueron las siguientes temperaturas promedio de 15º C, oxígeno disuelto de 7.5 mg/l y un pH de 7.87, los mismos se encuentran aún dentro de los rangos establecidos para el proceso de incubación.

7. El costo invertido fue de... Bs para la producción de ---alevines en seis ensayos realizados, lo que significa que cada alevín costó producir ---ctv de Bs.

6. RECOMENDACIONES

Concluido el presente trabajo de investigación se recomienda lo siguiente:

1. El lago Titicaca se constituye en el principal cuerpo de agua, del altiplano y del país en donde cohabitan los recursos ictiológicos, las cuales a través de las diferentes técnicas y artes de pesca son extraídas continuamente causando la disminución de sus poblaciones y en algunos casos vienen a ser especie en proceso de extinción, antes de llegar a situación con el mauri, se recomienda identificar zonas de reserva de reproductores y así mismo determinar e implementar épocas de veda.

2. Para repoblar el lago Titicaca con la especie de mauri, se recomienda la aplicación del presente trabajo de investigación a los beneficiarios directos, ya que la tecnología generada se encuentra al alcance del pescador, quien debe participar activamente en este proceso y de esta manera contribuir al ecosistema lacustre para las futuras generaciones.

3. De la misma forma exhortar a las instituciones estatales y ONGs, las cuales están ligados al medio ambiente y al sector pesquero en particular a realizar cursos y seminarios de concientización para evitar la contaminación de las aguas del lago Titicaca, que en un tiempo más podría afectar muy seriamente y tener repercusiones en los habitantes de las islas y las riveras.

4. También se sugiere proseguir con una segunda fase de investigación en la parte de crianza y alimentación de alevines de mauri en cautiverio.

7. Bibliografía consultada

Ancco, C. 2001.Comportamiento Hidrológico de los principales afluentes del LagoTiticaca." Memorias del Simposio Internacional sobre el Sistema del Lago Titicaca". Artes gráficas Latina. La Paz, BO. 149 p.

Aparicio, J. 1993. Validación de Técnicas de Incubación al Desove e Incubación Controlada para mauri *Trichomycterus sp*. del Lago Titicaca. Lic. Ing. Agr. La Paz, BO. Facultada de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. 115 p.

Ayala, G. 1981. Estudio Bioecológico del Mauri procedente de la Laguna de Arapa del Departamento de Puno. Puno, PE. 58 p.

Castañón, V. 994. Evaluación de Técnicas de desove e Incubación artificial para *Orestias agassii* y *Orestias luteus*. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO. Facultad de agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. 133 p.

----------; De la Quinta, H; Limachi J. 1995. Manual Técnico IV Reproducción artificial del ispi *Orestias ispi*. La Paz, BO. 28 p.

----------; Flores, T; Limache, J. 2002. Manual Pesquero para el repoblamiento del lago Titicaca con peces nativos. La Paz, BO. 85 p.

Centro de Estudios Ecológicos y de Desarrollo Integral (CEEDÍ). 1990. Proyecto de Diagnóstico del estado actual de recursos pesqueros de la Cuenca endorreica del Altiplano. La paz, BO.

Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB). 2002. Seminario de Recursos pesqueros en el lago Titicaca. la Paz, BO. 39 p.

Espinoza, P. 1999. Reproducción Artificial del mauri *Trichomycterus dispar* por el método seco bajo tres niveles de temperatura y oxígeno. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. 105 p.

Flores, T. 1999. La actividad Pesquera en la dinámica socio económica de la micro región Taraqu. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, BO. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. 136 p.

Imaki, A. 1987. Introducción a la crianza de Trucha Arco Iris. JICA. 79 p.

IIP Qollasuyo-CIPP Chucuito UNAP. 2002. Informe final "Desarrollar programas de pesca artesanal del sistema TDPS". Puno, PE. 108 p.

Iltis, A; Carmouze, J. 1992. Características Físico-químicos del agua en el Lago Titicaca. ed. HISBOL-HORSTOM. La Paz, BO. 580 p.

Justiniano, M; Carrasco, L. 2001. Comportamiento Hidrológico de niveles de agua en el Lago Titicaca. "Simposio Internacional sobre el sistema del lago Titicaca". Artes gráficas Latina. La Paz, BO. 149p.

Lagler, K; Bardach, J; Miller, R; May Passino, D.1984. Ictiología. AGT Editor S.A. 489 p.

Limachi, J. 2002. Suriki. Comunicación personal.

Loetz, E. 1999. metodología estadística para determinar el tamaño de muestra. UMSA. La Paz, BO. 80 p.

Ohashi, M; De la Quintana, H; Castañón, V. 1992. Técnicas de producción de semillas de *Orestias agassii, Orestias luteus, orestias ispi, Trichomycterus sp* y *Odontesthes bonariensis* del Lago Titicaca. Centro de Desarrollo Piscícola y enseñanza del altiplano "Tiquina pongo" (CDPETA). La paz, BO. 44 p.

Pérez, L. 1982. Piscicultura, Ecología Explotación e Higiene. 2º ed. El Manual Moderno de CV. ME. 154p.

Quispe, G. 1999. Suriki Isla del lago Titicaca. Apuntes a publicar. 31 p.

Quispe, M. 2000. Evaluación del Régimen Alimenticio del mauri del lago Titicaca. Tesis Lic. Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad mayor de San Andrés. 107p.

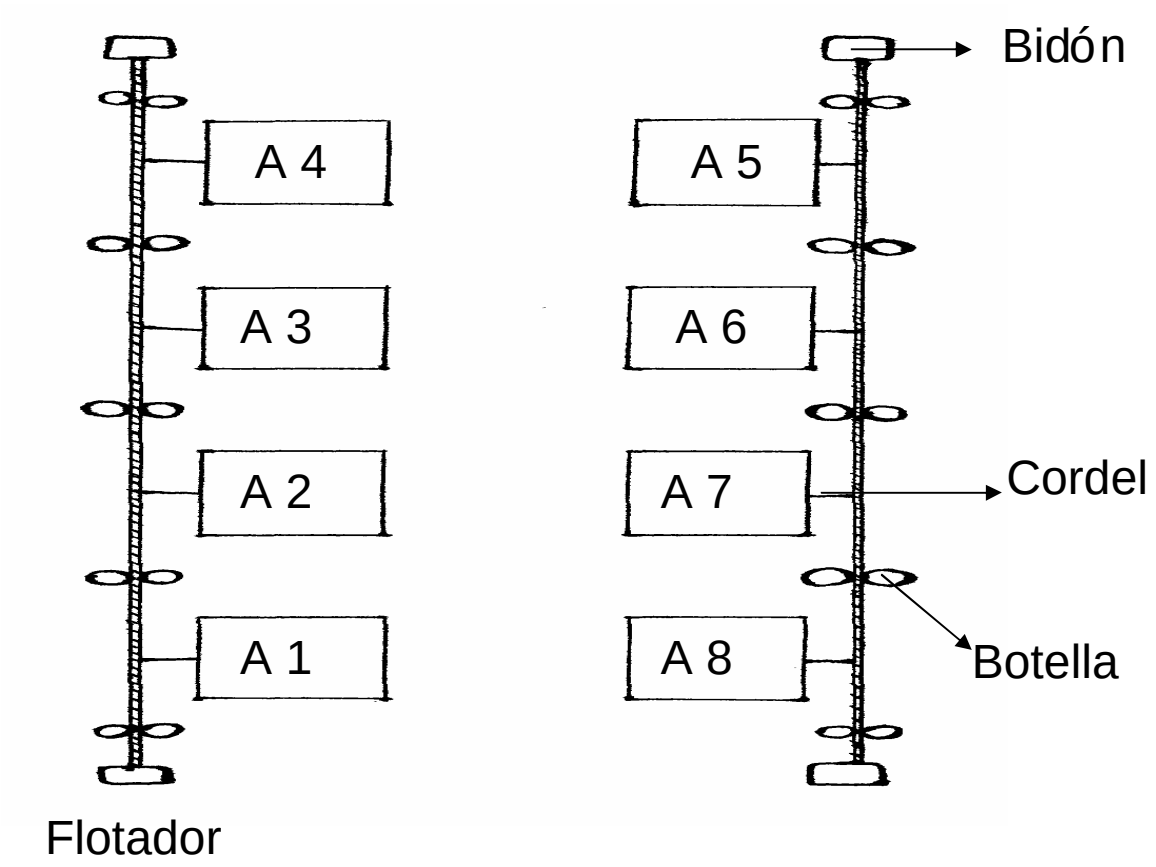
Sarmiento, J; Azabache, L; Marino, L; Hinojosa, A.1987. Sinopsis de las principales especies ícticas del Lago Tiiticaca. IMARPE (Instituto del Mar del Perú). Lima, PE. 173 p.

Secretaría de Pesca de México. 1986. Piscicultura de agua dulce, Manual recetario de Bagre, Carpa, Tilapia y Trucha. Talleres Gráficos de la Nación. México D.F. ME.146 p.

Woynarovich, E; Horvath, L. 1981. Propagación Artificial de Peces de aguas Templadas. Ed. FAO. 181 p.

ANEXOS

Anexo 1. Croquis de la instalación de las artesas vista superior



Anexo 2. Observación en laboratorio de las fases del proceso embrionario del mauri *Trichomycterus dispar*.

Ova	Las ovas del Mauri son de color blanquecino, recubierta por una capa gruesa de proteína gelatinosa, no tiene filamentos. El diámetro de la ova es 1.85 mm.
Ova fecundado	Existe una división celular, a las 6 horas se observan 4 células o blastómeros y a las siguientes 6 horas se observan 8 células (foto1).
Mórula	A las 17 horas se puede apreciar más de 100 blastómeros en la zona del blastodisco (foto2).
Blástula	A las 30 horas se observa más de mil células en la zona de blastodisco (foto3).
Morfogénesis	A los 3 días se puede observar el vitelo completamente cubierto por el disco germinativo (foto4).
Embrión	A los 5 días se observa el embrión en movimiento y se aprecia el latido del corazón (foto 5).
Eclosión	La eclosión se realiza a los 12 días y dura hasta 16 días, a una temperatura del agua de 14°C donde se observa la rotura de la membrana externa de la ova producida por la presión del embrión.
Larva	La larva en el momento de eclosionar mide aproximadamente 5.31 mm. El peso del saco vitelino lo impide la flotación por lo que se encuentran en el fondo de las incubadoras. La reabsorción del saco vitelino dura aproximadamente 15 días, momento en que las larvas pasan a ser alevines.

Fuente: CIDAB 2002

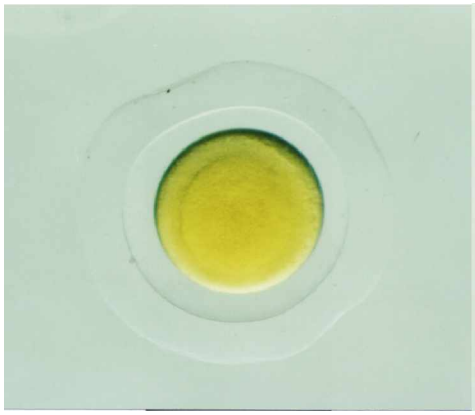


Foto 1. Ova Fecundada

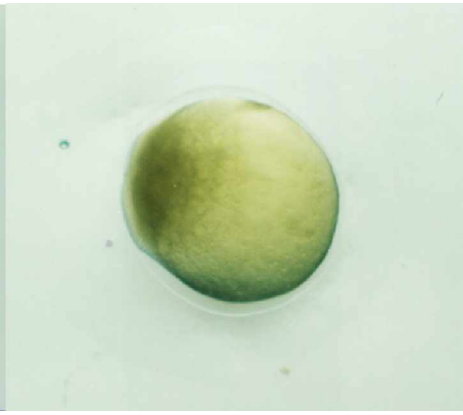


Foto 2. Mórula

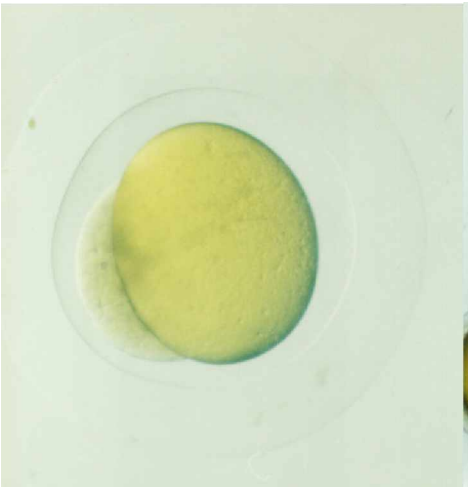


Foto 3. Blástula

Foto 4. Morfogénesis

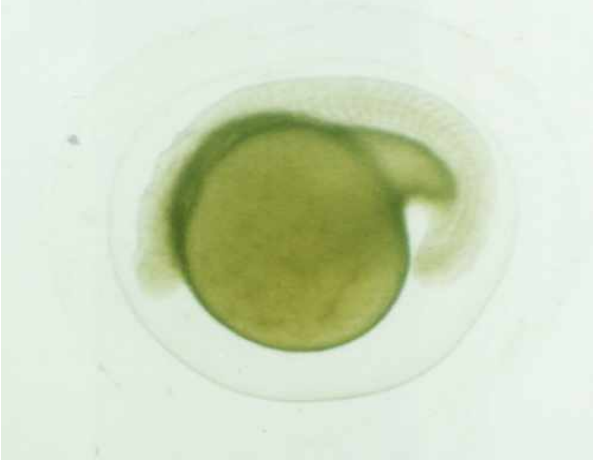


Foto 5. Embrión

Anexo 3. Datos de temperatura en ºC tomados diariamente

Nº	FECHA	HORAS		
		6:00	15:00	21:00
1	15-sep	8,0	13,9	10,0
2	16-sep	8,3	14,1	10,2
3	17-sep	8,4	14,3	10,5
4	18-sep	8,5	14,4	10,6
5	19-sep	8,5	14,5	10,7
6	20-sep	8,6	14,6	10,6
7	21-sep	8,7	14,7	10,7
8	22-sep	9,1	14,8	11,2
9	23-sep	9,3	14,9	11,5
10	24-sep	9,0	15,2	11,8
11	25-sep	9,1	14,9	11,9
12	26-sep	9,3	15,4	11,9
13	27-sep	9,5	15,8	12,1
14	28-sep	9,7	16,8	12,5
15	29-sep	9,9	16,9	12,5
16	30-sep	10,1	16,7	12,7
17	01-oct	10,3	16,8	13,6
18	02-oct	10,5	17,3	13,7
19	03-oct	10,6	17,4	13,8
20	04-oct	10,8	17,5	13,9
21	05-oct	10,9	17,6	14,5
22	06-oct	11,2	17,7	14,6
23	07-oct	11,5	17,8	14,7
24	08-oct	11,8	17,9	15,5
25	09-oct	12,2	18,2	14,7
26	10-oct	12,5	17,9	14,6
27	11-oct	12,7	18,1	14,4
28	12-oct	12,8	18,2	14,6
29	13-oct	12,9	18,3	14,7
30	14-oct	12,9	18,5	15,3
31	15-oct	13,2	18,7	15,7
32	16-oct	13,3	18,8	15,6
33	17-oct	13,5	18,9	15,5
34	18-oct	14,7	20,3	17,0
35	19-oct	14,8	20,1	17,1
36	20-oct	14,7	20,2	17,2
37	21-oct	14,6	19,9	16,5
38	22-oct	14,5	19,6	16,6
39	23-oct	15,7	21,8	17,2
40	24-oct	15,9	23,2	17,6

Nº	FECHA	HORAS		
		6:00	15:00	21:00
41	25-oct	15,1	22,0	17,5
42	26-oct	14,6	19,7	17,0
43	27-oct	14,3	19,5	15,9
44	28-oct	14,0	18,9	15,5
45	29-oct	13,6	18,7	16,8
46	30-oct	13,6	18,8	16,6
47	31-oct	13,5	18,0	16,2
48	01-nov	13,1	18,2	15,2
49	02-nov	13,2	18,3	15,3
50	03-nov	13,2	18,1	15,5
52	05-nov	13,9	19,5	14,8
53	06-nov	13,3	18,7	14,9
54	07-nov	13,1	19,0	15,0
55	08-nov	13,2	18,9	15,1
56	09-nov	12,8	17,8	14,5
57	10-nov	13,5	18,6	15,2
58	11-nov	13,9	19,5	15,3
59	12-nov	14,1	19,4	15,4
60	13-nov	14,3	19,6	15,5
61	14-nov	14,5	19,5	15,7
62	15-nov	14,4	19,2	16,3
63	16-nov	14,5	19,3	16,5
64	17-nov	14,4	19,5	16,6
65	18-nov	14,5	19,7	16,7
66	19-nov	14,7	19,8	16,7
67	20-nov	14,7	19,8	16,6

Anexo 4. Porcentaje de eclosión

Repetición	Nº de artesa							
	1	2	3	4	5	6	7	8
R 1	96,3	96,7	95,8	96,7	96,7	97,2	95,9	95,9
R 2	97,6	98,7	97,9	96,0	96,3	97,6	96,3	96,5
R 3	99,3	99,2	99,3	98,8	97,0	98,8	96,9	98,9
R 4	97,5	97,0	95,5	97,7	96,8	97,1	97,7	98,6
R 5	98,0	99,5	97,8	98,1	98,0	97,1	97,5	97,7
R 6	97,5	98,7	97,2	97,8	97,8	98,3	98,2	97,6

Promedio = 97,5 %

Anexo 5. Porcentaje de mortalidad

Repetición	Nº de artesa							
	1	2	3	4	5	6	7	8
R 1	3,7	3,3	4,2	3,3	3,3	2,8	4,1	4,1
R 2	2,4	1,3	2,1	4,0	3,7	2,4	3,7	3,5
R 3	0,7	0,8	0,7	1,2	3,0	1,2	3,1	1,1
R 4	2,5	3,1	4,5	2,3	3,2	2,9	2,3	1,4
R 5	2,0	0,5	2,2	1,9	1,5	2,9	2,5	2,3
R 6	2,5	1,3	2,8	2,2	2,2	1,7	0,8	2,4

Promedio = 2,5 %

Anexo 6. Costo de construcción de una artesa

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT Bs	COSTO TOTAL Bs
Materiales				**68**
Adobera	unidad	1	32	32
Malla milimetrada	m2	0,2	45	9
Venesta doble	unidad	1	7	7
Bisagra	unidad	2	1	2
Armellas	unidad	2	0,5	1
Clavos				3
Tachuelas				3
Lija	pliegue	1	3	3
Marco	unidad	1	2	2
Tira de goma	unidad	1	1	1
Pintura	tarro	1	5	5
Mano de obra				**25**
Construcción artesa	contrato			25
Total				**93**

Anexo 7.Costo de producción para alevines de mauri

Total de ovas embrionadas puestas a incubar = 96000
Porcentaje de mortalidad durante la incubación = 2,5 %

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT. Bs	COSTO TOTAL Bs
Incubadora				**774,0**
Artesas	unidad	8	93,00	774,0
Instalación				**21,2**
Cuerda	metro	50	0,20	10,0
Bidones	unidad	4	0,80	3,2
Botellas desechables	unidad	20	0,30	6,0
Piedra	unidad	4	0,50	2,0
Transporte				**100,0**
Bote a remo	flete			100,0
Material de recolección				**62,0**
Baldes	unidad	2	8,00	16,0
Bañadores	unidad	2	18,00	36,0
Recipientes con tapa		2	5,00	10,0
Material de fecundación				**28,5**
Recipientes pequeños	unidad	4	2,50	10,0
Toallas	unidad	4	3,50	14,0
Plumas de ave	unidad	15	0,30	4,5
Reproductores				**12,8**
especímen macho y hembra	unidad	64	0,20	12,8
Otros materiales				**63,0**
Cepillo de limpieza	unidad	1	5,00	5,0
Pipeta	unidad	2	9,00	18,0
Pinza	unidad	1	25,00	25,0
Lupa	unidad	1	10,00	10,0
Tijera	unidad	1	5,00	5,0
Mano de obra				**75,0**
Cuidados y limpieza	hora	15	5,00	75,0
Costo total de producción				**1136,5**

Número aproximado de alevines obtenido = 93600 alevines de mauri
Costo por unidad de alevino de mauri = 0,012 ctv de Bs